



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Cláudia Alexandra Cruz Gonçalves

***Análise da aplicação do método EVM em
projetos de TI***

Dissertação de Mestrado

Mestrado integrado em Engenharia e Gestão de
Sistemas de Informação

Orientador:

Professor Doutor Pedro Abreu Ribeiro

Outubro de 2016

Declaração

Nome: Cláudia Alexandra Cruz Gonçalves

Endereço eletrónico: a61551@alunos.uminho.pt

Telefone: 913095441 / 935449564

Bilhete de Identidade: 13829487

Título da dissertação: Análise da aplicação do método EVM em projetos de TI

Orientador: Professor Doutor Pedro Abreu Ribeiro

Ano de conclusão: 2016

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão de Sistemas de Informação

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO
APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE
DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE
COMPROMETE.

Universidade do Minho, 30 de outubro de 2016

Assinatura: *Cláudia Alexandra Cruz Gonçalves*

Agradecimentos

A jornada de desenvolvimento da dissertação, não é um percurso fácil e, assim sendo, seria impossível de concretizar sem a ajuda de outras pessoas. Cada uma teve em mim um peso diferente e influenciou a minha caminhada de formas distintas, mas todos juntos fizeram-me chegar ao lugar que estou hoje.

Aos meus pais, um agradecimento muito especial por me darem acesso ao ensino, por sempre acreditarem em mim e por quererem incansavelmente me proporcionar um futuro melhor. Ainda a eles devo a enorme vontade de seguir sempre em frente e de completar os desafios de melhor forma possível, inculcando-me ao longo da vida valores de trabalho, humildade e conquista.

Ao meu irmão, por ter implantado em mim um sentido crítico, por exigir sempre muito de mim e por ter sempre como objetivo final a obtenção de um melhor conhecimento, para me formar enquanto ser individual, e também como profissional. O seu apoio e motivação foram incansáveis ao longo destes anos e em conjunto com os meus pais formaram o meu pilar de desenvolvimento.

Um agradecimento enorme ao professor Pedro Ribeiro pela disponibilidade que me ofereceu, pela informação e conhecimento que me facultou, à orientação incansável que me prestou nesta jornada, por cada erro que me corrigiu, pela partilha de experiências e por ter em mim depositado confiança no desenvolvimento da dissertação.

Não poderia ainda deixar de agradecer aos meus colegas e amigos que sempre me ofereceram motivação e encorajaram a dar o meu melhor, por palavras amigas ou apenas pela sua presença, nunca me deixaram desanimar.

Por fim, agradeço à Universidade do Minho, por me ter facultado ao longo destes anos, docentes, espaço e conhecimento de qualidade, preciosos na minha formação, num ambiente que fica marcado por ter sido um dos melhores da minha vida até à data.

Resumo

O *Earned Value Management* (EVM) surgiu há já algumas décadas na sua forma original e utilizado na geração de relatórios de desempenho em aquisições de grandes projetos do Governo dos Estados Unidos. Este método, inserido no PMBOK, trata-se de uma técnica de medição de desempenho dos projetos que integra o âmbito, o planeamento (prazos) e os custos de um projeto.

Embora sejam referidos na literatura os bons resultados relativos à gestão de custos, o mesmo não acontece com a gestão dos prazos, ignorando por exemplo flutuações, dando origem a valores de indicadores de SPI finais que são sempre iguais a 1 independentemente do projeto ou tarefa terminar antes ou depois do estabelecido no cronograma.

O desenvolvimento da presente dissertação visa a descoberta de desafios encontrados na utilização do EVM, mais concretamente em ambientes de desenvolvimento de *software*, e com base nestes, reunir a bibliografia essencial para formular uma solução que faça mais sentido e que forneça valores de indicadores de planeamento corretos, permitindo assim a gestão do planeamento com base em informação útil e relevante.

A solução validada surgiu a partir do *Practice Standard for EVM, 2nd Edition*, resultando num referencial de EVM simples (s-EVM) onde foi testado e analisado, especificamente o SPI Modificado em comparação com o SPI Normal, na tentativa de resolver o problema do índice de desempenho de prazos quando uma tarefa acaba mais cedo ou mais tarde face ao planeado.

Palavras-Chave: *Earned Value Management*, Desempenho, Desafios, Projetos de *Software*, s-EVM.

Abstract

Earned Value Management (EVM) appeared a few decades ago in its original form, and for many years was used to generate performance reports in acquisitions of major projects from the US government. This method, inserted in the PMBOK guide, is a project performance measurement technique that integrates scope, costs and schedule of a certain project.

Although good results regarding cost management are reported in the literature, the same does not happen with the schedule management, ignoring, for example deviations, resulting in final SPI values that are always equal to 1 apart regardless of whether the project or task ends before or after the established in the schedule.

The development of this dissertation aims to discover the challenges found with the EVM usage, more specifically in software development environments, and based on these, gather the essential bibliography to formulate a solution that makes more sense and that provides correct schedule indicator values in order to manage the schedule based on relevant and useful information.

The solution that was validated arises from the Practice Standard for EVM, 2nd Edition, resulting in a Simple EVM (s-EVM) framework where specifically Modified SPI compared with Normal SPI, was tested and analyzed in an attempt to solve the schedule performance index problem when a task ends sooner or later than planned.

Keywords: *Earned Value* Management, Performance, Challenges, Software Projects, s-EVM.

Conteúdo

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	ENQUADRAMENTO DO PROBLEMA DE INVESTIGAÇÃO PROPOSTO	1
1.2.	OBJETIVOS E RESULTADOS ESPERADOS.....	3
1.3.	ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	4
1.4.	PROCESSO DE REVISÃO DE LITERATURA	6
1.5.	CALENDARIZAÇÃO	8
1.6.	ESTRUTURAÇÃO DO DOCUMENTO	9
2.	ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL EVM.....	11
2.1.	A GÊNESE E EVOLUÇÃO DO EARNED VALUE.....	11
2.1.1.	Fase 0.....	11
2.1.2.	Fase 1.....	12
2.1.3.	Fase 2.....	13
2.1.4.	Fase 3 – Até Agora.....	14
2.2.	EVM E O PROCESSO DE GESTÃO DE PROJETO.....	15
2.3.	EARNED VALUE MANAGEMENT: PRINCIPAIS CONCEITOS	20
2.4.	ELEMENTOS CHAVE DO MÉTODO EVM.....	20
2.4.1.	Planned Value	20
2.4.2.	Earned Value	20
2.4.3.	Actual Cost.....	20
2.4.4.	Earned Schedule	21
2.5.	TÉCNICAS DE MEDIÇÃO EV	21
2.5.1.	Esforço Discreto	22
2.5.2.	Esforço Repartido	23
2.5.3.	Nível de Esforço	23
2.6.	OUTROS ELEMENTOS DO MÉTODO EVM.....	24
2.6.1.	Análise de Desempenho	24
2.6.2.	Variações	24
2.6.3.	Índices	26
2.6.4.	Previsões	27
2.7.	COMUNICAÇÃO DE INFORMAÇÃO COM EVM.....	31
2.7.1.	Tabelas	32
2.7.2.	Gráfico de Barras	33
2.7.3.	Curvas-S	33
2.8.	EVMS (EARNED VALUE MANAGEMENT SYSTEM)	34
2.8.1.	O que é um EVMS?	34
2.8.2.	Normas e diretrizes EVMS.....	35
3.	ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL EVM EM PROJETOS DE SOFTWARE	37
3.1.	DESAFIOS	38

3.1.1.	Inovação e Protótipos	39
3.1.2.	Descoberta de Defeitos e Resolução	39
3.1.3.	Alterações de Arquitetura.....	40
3.2.	SOLUÇÕES	41
3.2.1.	Medição da Volatilidade através de Métricas	41
3.2.2.	Definição de Tarefas.....	41
3.2.3.	Técnicas de Planeamento.....	42
3.2.4.	Estrutura da Conta de Custos	43
3.2.5.	Abordagem de Implementação Incremental	44
3.2.6.	Identificação de Viés e Cálculo.....	44
3.2.7.	Medidas de Volatilidade dos Componentes.....	45
3.3.	O PROBLEMA COM O INDICADOR SPI.....	45
3.3.1.	O problema de acabar mais tarde.....	45
3.3.2.	O problema de acabar mais cedo	46
3.3.3.	Trabalho iniciou antes do planeado.....	46
3.4.	ABORDAGENS ALTERNATIVAS	47
3.4.1.	Abordagem Earned Schedule.....	47
3.4.2.	Abordagem SPI modificado.....	52
4.	ENQUADRAMENTO TECNOLÓGICO.....	57
4.1.	COMPONENTES DE SOFTWARE TÍPICOS DO EVMS	57
4.1.1.	Ferramentas de Planeamento EVM	58
4.1.2.	Ferramentas de Custo EVM	58
4.1.3.	Ferramentas de Relatórios EVM	58
4.1.4.	Ferramentas de EVM Combinadas.....	59
4.1.5.	Ferramentas de EVM Integradas	59
4.1.6.	Considerações de Integração EVM	59
4.2.	FERRAMENTAS UTILIZADAS	60
5.	IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO EVM	61
5.1.	A EQUIPA DA INNOVATION	66
5.2.	A SOLUÇÃO DA INNOVATION	67
5.3.	O ORÇAMENTO.....	68
5.4.	A WBS E O PLANEAMENTO GANTT	68
5.4.1.	WBS Inception.....	69
5.4.2.	Planeamento Gantt da Inception	70
5.5.	MÉTODOS DE MEDIÇÃO	71
5.6.	A PERFORMANCE MEASUREMENT BASELINE (PMB).....	72
5.7.	ANÁLISE DO DESEMPENHO DO PROJETO COM O SPI MODIFICADO.....	72
5.7.1.	A Primeira Análise	73
5.7.2.	A Segunda Análise.....	74
5.7.3.	A Terceira Análise.....	77

5.7.4.	A Quarta Análise.....	79
5.8.	MANTER A PERFORMANCE MEASUREMENT BASELINE (PMB)	82
5.8.1.	Alterações ao âmbito	83
5.8.2.	Redefinição de Custos e Prazos de Referência	83
6.	CONCLUSÕES E INVESTIGAÇÃO FUTURA	85
6.1.	CONCLUSÕES	85
6.2.	INVESTIGAÇÃO FUTURA	88
	REFERÊNCIAS	89

Índice de tabelas

TABELA 1 – TÉCNICAS DE MEDIÇÃO EV ADAPTADA DE PMI (2011).....	21
TABELA 2 INTERPRETAÇÕES DE MEDIDAS DE DESEMPENHO BÁSICAS DO MÉTODO EVM DE PMI (2011)	27
TABELA 3 - SUPOSIÇÕES E CÁLCULOS DE EAC INDEPENDENTE. ADAPTADO DE PMI (2011)	29
TABELA 4 EXEMPLO DE COMUNICAÇÃO DE INFORMAÇÃO EVM COM RECURSO A TABELAS (PMI, 2011).	32
TABELA 5 - MEMBROS E RESPECTIVOS CARGOS DA INNOVATION	66
TABELA 6 - APLICAÇÃO DO SPI M PRIMEIRA SEMANA	73
TABELA 7 - APLICAÇÃO DO SPI M SEGUNDA SEMANA	75
TABELA 8 - APLICAÇÃO DO SPI M SEGUNDA SEMANA CONTINUAÇÃO	76
TABELA 9 - APLICAÇÃO DO SPI M TERCEIRA SEMANA	77
TABELA 10 - APLICAÇÃO DO SPI M TERCEIRA SEMANA CONTINUAÇÃO	78
TABELA 11 - APLICAÇÃO DO SPI M QUARTA SEMANA	80
TABELA 12 - APLICAÇÃO DO SPI M QUARTA SEMANA CONTINUAÇÃO	81

Índice de figuras

FIGURA 1 - DSRM FOR INFORMATION SYSTEMS (PEFFERS ET AL, 2008).	4
FIGURA 2 - EVM E A GESTÃO DE PROJETO (PMI, 2011).	17
FIGURA 3 - CONTROL ACCOUNT MATRIX (PMI, 2005).	18
FIGURA 4 - PLANO DE TRABALHO GANTT. RETIRADO DE (PMI, 2005).	19
FIGURA 5 - PERFORMANCE MEASUREMENT BASELINE. RETIRADA DE (PMI, 2005).	19
FIGURA 6 - EXEMPLO DE COMUNICAÇÃO DE INFORMAÇÃO EVM COM RECURSO A GRÁFICO DE BARRAS (PMI, 2011).	33
FIGURA 7 - EXEMPLO DE COMUNICAÇÃO DE INFORMAÇÃO EVM COM RECURSO A GRÁFICO CURVA-S (PMI, 2011).	ERRO! MARCADOR NÃO DEFINIDO.
FIGURA 8 – NORMA EIA - 748 ADAPTADA A PARTIR DE (NDIA, 2014).	35
FIGURA 9 – EARNED SCHEDULE (RODRIGUES 2010)	47
FIGURA 10 – COMPARAÇÃO ENTRE SPI E SPI(t) NO MÊS 10 (RODRIGUES, 2010).	49
FIGURA 11 – SPI E SPI(t) – TERMINAR ANTES DO PLANEADO (RODRIGUES, 2010).	50
FIGURA 12 – FLUXOGRAMA DO MÉTODO S-EVM COM SPI MODIFICADO.....	62
FIGURA 13 - WBS REFERENTE À INCEPTION (DA INNOVATION, 2016)	69
FIGURA 14 - PLANEAMENTO GANTT INCEPTION DA EQUIPA DA INNOVATION.....	70
FIGURA 15 - SELEÇÃO DO MÉTODO DE EV NO MICROSOFT PROJECT.....	71
FIGURA 16 - FÓRMULA SPI MODIFICADO	73
FIGURA 17 ESTADO DE CUSTOS PRIMEIRA ANÁLISE.....	74
FIGURA 18 - ESTADO DE CUSTOS SEGUNDA ANÁLISE	77
FIGURA 19 - ESTADO DE CUSTOS NA TERCEIRA SEMANA DE ANÁLISE	79
FIGURA 20 - ESTADO DE CUSTOS QUARTA SEMANA DE ANÁLISE.....	82

Lista de acrónimos

AC – *Actual Cost*

ANSI/EIA – *American National Standard Institute/ Electronic Industries Alliance*

BAC – *Budget At Completion*

C/SCSC – *Cost/Schedule Control Systems Criteria*

CPI – *Cost Performance Index*

CPM – *Critical Path Method*

CSPCS – *Cost Schedule Planning and Control Specification*

CV – *Cost Variance*

DAI – *Desenvolvimento de Aplicações Informáticas*

DCMA – *Defense Contract Management Agency*

DSRM – *Design Science Research Methodology*

DoD – *Department of Defense*

EAC – *Estimate At Completion*

ECTS – *European Credit Transfer and Accumulation System*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

ES – *Earned Schedule*

ETC – *Estimate To Complete*

EUA – *Estados Unidos da América*

EV – *Earned Value*

EVM – *Earned Value Management*

EVMS – *Earned Value Management System*

EVM3 – *Earned Value Management Maturity Model*

MRP – *Material Requirements Planning*

OBS – *Organization Breakdown Structure*

OPM3 – *Organizational Project Management Maturity Model*

PBEV – *Performance-Based Earned Value*

PERT – *Program Evaluation Review Technique*

PMB – *Performance Measurement Baseline*

PMBOK – *Project Management Body of Knowledge*

PV – *Planned Value*

RAM – *Responsibility Assignment Matrix*

RUP – *Rational Unified Process*

s-EVM – *Simple Earned Value Management*

SPI – *Schedule Performance Index*

SPI M – *Schedule Performance Index Modificado*

SPI (t) – *Schedule Performance Index (earned schedule)*

SV – *Schedule Variance*

TCPI – *To-Complete Performance Index*

TI – *Tecnologias da Informação*

TSI – *Tecnologias e Sistemas de Informação*

TV – *Time Variance*

VAC – *Variance At Completion*

WBS – *Work Breakdown Structure*

1. Introdução

Neste capítulo é apresentado o enquadramento e motivação para a realização desta dissertação, assim como a abordagem metodológica, a finalidade e os objetivos e a estruturação do documento.

1.1. Enquadramento do Problema de Investigação Proposto

As Tecnologias e Sistemas de Informação (TSI) referem-se a uma área científica que engloba um vasto conjunto de conhecimento relacionado com as tecnologias da informação não só nas organizações, mas também noutros contextos de atividade humana (TSI@UMinho, 2016).

As tecnologias da informação integram, um conjunto de conhecimento relativo a variados aspetos das tecnologias da informação tais como, os sistemas de computação, os sistemas operativos, redes de computadores, a computação, métodos de programação, desenvolvimento de aplicações informáticas, entre outros. Os sistemas de informação são relativos a um conjunto de conhecimentos que abrange acontecimentos relacionados com a implementação e utilização de tecnologias de informação nas organizações e na sociedade. Os sistemas de informação podem ser classificados de diversas formas como por exemplo, sistemas de informação operacional ou de processamento de transações, sistemas de informação de gestão, sistemas de informação estratégicos ou de apoio à decisão, sistemas de informação executiva, de automatização e sistemas de informação especializados.

Esta área de TSI, especificamente de licenciatura inclui uma grande quantidade de áreas de estudo que vão desde áreas mais voltadas à gestão a outras mais dirigidas à informática e aos sistemas de informação e ainda, à junção destas áreas. Principalmente desta junção nascem novas necessidades e novas oportunidades de otimizar processos, operações, produtos e serviços, obter informação a partir de dados históricos, a partir de desempenhos reais, no fundo, dar sentido à informação e retirar dela conhecimento que possibilite o crescimento organizacional e a tomada de decisão atempada e acertada.

A partir de 2012/2013 surge o Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão de Sistemas de Informação (MIEGSI), entendido por engenharia e gestão de sistemas de informação que forma um perfil profissional que combina competências de engenharia informática e de gestão com foco nas tecnologias da Informação. O papel dos engenheiros e gestores de sistemas de informação é o

de usarem as TI e suas aplicações em benefício das organizações. Os artefactos informáticos são vistos como um meio de melhoria para o funcionamento das organizações e não o fim em si (TSI@UMinho, 2016).

A gestão de projetos é uma das áreas de foco das tecnologias e sistemas de informação, sendo que é uma atividade que pode ser desempenhada na área dos sistemas de informação, no desenvolvimento de aplicações informáticas e noutras áreas como, construção civil, construção automóvel, entre outras. A gestão de projetos é executada pela aplicação de conhecimento, competências, ferramentas e técnicas às atividades do projeto de forma a cumprir os requisitos do projeto (PMI, What is Project Management?, 2016). Em gestão de projetos são conhecidas inúmeras metodologias, algumas mais centradas nas melhores práticas e *standards*, como o PMBOK ou o PRINCE2, outras orientadas para o desempenho de funções e papéis como, project teams e ainda outras de acordo com as áreas específicas de gestão de projetos (por exemplo, gestão do risco, gestão do âmbito ou EVM).

É no âmbito da gestão de projetos que surge o método EVM, introduzido no guia PMBOK, que tem um papel fundamental na ajuda aos gestores de projeto, na medição do desempenho de projetos. O método EVM trata-se de um processo bem sistematizado de gestão de projetos, usado para encontrar variações nos projetos, com base na comparação do trabalho realmente feito face ao trabalho planeado. O EVM é utilizado para controlo de custos e prazos, podendo ser de grande utilidade para a previsão do projeto. Este método fornece dados quantitativos para a tomada de decisão e é chamado de "gestão com as luzes ligadas", devido a permitir mostrar onde o projeto está e para onde se dirige em comparação com onde o projeto deveria estar e que direção deveria estar a seguir.

Em tecnologias e sistemas de informação faz todo o sentido olhar atentamente sobre este método, pois se adaptado corretamente à realidade necessária, neste caso específico aos projetos de TI, poderá em conjunto com outros métodos e metodologias aumentar a probabilidade de um final de projeto com sucesso. Uma das grandes preocupações na área de TSI e também de gestão de projetos são os desvios de tempo e custos que podem ocorrer no desenvolvimento de projetos, sendo que um método de controlo de custos e prazos devidamente calibrado pode ser uma enorme vantagem para qualquer organização. Neste sentido desenvolveu-se este trabalho de dissertação, com o propósito de encontrar uma solução prática, de aplicar e analisar o método EVM em projetos de TI. Verifica-se que apesar de ser uma ferramenta geralmente aceite no mundo de gestão de projetos e ser utilizada numa grande

variedade de projetos com diferentes tamanhos e complexidades, os gestores de projetos de software raramente o utilizam. Tanto ferramentas, como técnicas e métodos usados em gestão de projetos tradicionais têm sido utilizados durante anos em projetos de software, no entanto, estes projetos têm diferenças significativas comparativamente aos projetos tradicionais. De forma geral, a abordagem de gestão de projetos tradicional não pode ser diretamente utilizada em projetos de software (Plekhanova, 1998). A utilização de ferramentas, metodologias e técnicas de gestão de projetos na sua forma básica pode não ser suficiente sem considerar os desafios específicos de projetos de software, podendo não responder adequadamente às suas necessidades.

As adversidades à aplicação do método EVM em projetos de software devem ser averiguadas e observadas claramente de forma a adaptar o EVM para estes projetos (Efe & Demirors, 2013), sendo essa a motivação central, condutora desta investigação.

1.2. Objetivos e Resultados esperados

A presente dissertação tem como finalidade estudar o método EVM, particularmente em ambientes de desenvolvimento de *software*, tendo em conta as suas limitações e analisando as potencialidades deste método. Nesta análise é importante ter em conta os desafios relacionados com a implementação do método de forma a poder ultrapassá-los e obter resultados passíveis de análise, resultados úteis e relevantes.

A análise do EVM tradicional e de outros tipos de EVM, tem como principal objetivo identificar as suas principais limitações e potencialidades de forma a juntar as melhores propostas e chegar a um EVM que funcione de forma eficiente e relativamente simples em ambientes de TI. Pretende-se assim desenvolver um estudo alargado da bibliografia referente ao tema EVM, para o desenvolvimento de um referencial de implementação. É desejável chegar a uma solução que tenha em conta os seguintes aspetos:

1. O problema de se acabar antes ou depois do planeado e os respetivos resultados de *Schedule Performance Index* (SPI);
2. Resultados de SPI que ilustrem a realidade;
3. A inserção de novas tarefas e a sua relação com a *Performance Measurement Baseline* (manutenção da PMB);

Pretende-se assim a elaboração de um referencial “simples” que possa ser implementado em projetos de *software* e com o objetivo de nestes contextos o método fornecer dados corretos e úteis para a tomada de decisão e ações de mitigação.

1.3. Abordagem Metodológica

O desenvolvimento desta dissertação está enquadrado na área de Sistemas de Informação, sendo assim, a metodologia *Design Science Research Methodology (DSRM) for Information Systems* mostra-se apropriada para a condução desta investigação.

O modelo desenvolvido por Peffers, Tuunanen, Rothenberger & Chatterjee (2008), enquadra-se nas necessidades de desenvolvimento da dissertação, sendo que a explicitação clara das principais fases da *DSRM*, dos resultados em cada fase, a definição de um fluxo de desenvolvimento e principalmente a produção de um artefacto (referencial EVM) são as fortes razões que levaram à seleção desta metodologia, como condutora da presente investigação.

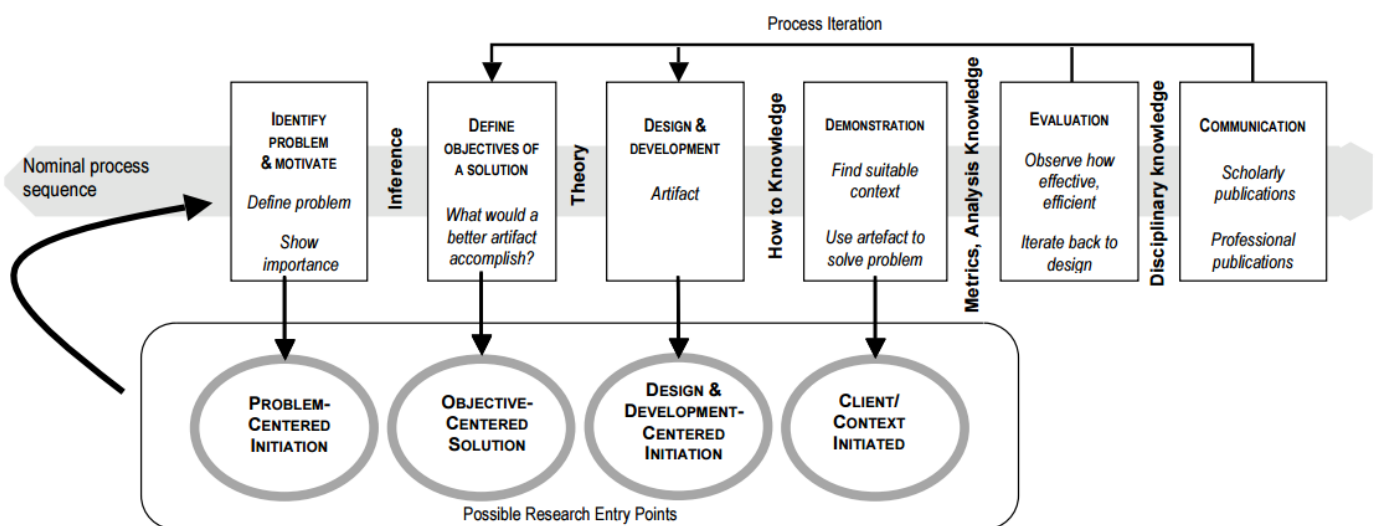


Figura 1 - DSRM for Information Systems (Peffers et al, 2008).

A imagem acima, ilustra a metodologia e as suas diferentes fases. Este modelo é provido de flexibilidade, podendo o ponto de partida da investigação acontecer noutra fase e não propriamente na primeira. No caso prático desta dissertação, o início de implementação desta metodologia

aconteceu centrado no problema a investigar, seguindo-se as restantes fases representadas na figura acima do *DSRM*.

Fases da Abordagem Metodológica

A elaboração da dissertação, teve o seu início marcado pela necessidade de realizar o plano de trabalhos acompanhado de um enquadramento e justificação do desenvolvimento deste trabalho específico: “Análise da aplicação do método EVM em projetos de TI”. Após a conclusão das tarefas mencionadas, deu-se início ao processo de investigação orientado pela *DSRM* (Peppers, et al. 2008).

Seguidamente, estão listadas as fases que guiaram o processo de desenvolvimento da dissertação, sendo elas:

1. Elaboração do plano de trabalhos

É a primeira entrega necessária e dela constam a motivação e enquadramento do trabalho proposto, os objetivos e resultados esperados desta investigação e a calendarização das atividades de maior significado.

2. Enquadramento conceptual

Identificar literatura científica fundamental do tema, fazer a sua revisão para que se consiga sistematizar o estado atual do conceito, os desafios, soluções e toda a informação relevante e relacionada ao tema, facilitadora da compreensão e resolução do problema de investigação.

3. Identificação do problema e motivação

É necessário identificar o problema, o seu estado e justifica-lo, de modo a encontrar uma solução. A solução é desenhada de acordo com a identificação do problema e deve ter em conta os desafios de conceção de uma solução. Ao se proceder à justificação do problema esta acaba por ser acompanhada pela motivação, pois é ela que conduz à resolução do problema e não só, mantém ainda as partes envolvidas, comprometidas no encontro de uma solução.

4. Definir objetivos da solução

Primeiramente é necessário definir o problema em causa, as possibilidades de resolução e as limitações, que nos levam a definir o objetivo da solução como sendo qualitativa ou quantitativa. No caso de ser qualitativa, descreve como podem ser resolvidos problemas ainda não identificados, quando é quantitativa, quantifica os termos onde a solução pode ser considerada ideal. Nesta fase apreende-se o estado do problema, se praticável, as soluções propostas na literatura à resolução do problema e avaliação das mesmas

5. Conceção e desenvolvimento

Na conceção e desenvolvimento, como o próprio nome indica há a criação de uma solução para o problema, solução esta resultante da apreensão de conhecimento proveniente das fases anteriores. É feita a arquitetura da solução e são determinadas as funcionalidades que ela irá incluir, e este processo, surge do conhecimento científico que foi incorporado no decorrer das fases para a conceção da solução.

6. Demonstração

A demonstração, é o ato de demonstrar o uso da solução na resolução do problema investigado. Para que se efetue a demonstração, há a necessidade de haver uma simulação ou experimentação da respetiva solução.

7. Avaliação

Nesta fase procede-se à observação e medição da solução por comparação dos objetivos da solução com os resultados da demonstração. É necessário o conhecimento de métricas para que se possa proceder à avaliação dos resultados. Estas métricas poderão ser de desempenho da solução, *feedback* de outras partes envolvidas, entre outras. No fim desta fase, caso seja desejável otimizar a solução, volta-se à fase de conceção e desenvolvimento, caso contrário continuamos o fluxo.

8. Comunicação

Esta última fase tem por tarefa comunicar o processo e os resultados provenientes da investigação a toda a comunidade interessada no tema. No processo de comunicação está incluída a redação da dissertação, onde é comunicado o conhecimento relativo ao problema proposto, o seu estado atual a solução encontrada e sua utilidade e eficiência.

1.4. Processo de Revisão de Literatura

A revisão de literatura é uma tarefa que permite a concretização de um enquadramento conceptual, essencial para a elaboração de uma pesquisa científica e para a execução de uma investigação de sucesso. Nesta secção será detalhada a forma como se fez o levantamento do estado de arte relativo ao método EVM no geral e ao EVM em casos específicos de projetos de TI. Assim sendo, a revisão de literatura respeitante ao tema de dissertação teve como motores de pesquisa científicos:

- IEEE Xplore;

- ScienceDirect;
- Web of Knowledge;
- Scopus;
- Springer;
- Google Scholar;
- RepositóriUM;
- Google.

O Google foi utilizado para encontrar alguns documentos que não constavam nos motores de pesquisa científica.

Para a identificação de artigos e informação relevantes ao tema de investigação foram usadas as seguintes palavras-chave:

- EVM;
- *Earned Value Management Method*;
- *EVM Method*;
- *EVM Definition*;
- *PMBOK Earned Value Management*;
- *EVM Method and Extensions*;
- *EVM benefits and difficulties*;
- *Practice Standard for EVM*;
- *EVM in Software Projects*;
- *Use and impact of EVM in Software Projects*;
- EVM and SPI;
- EVM and IT;
- EVM Tools.

A maioria dos artigos selecionados para estudo e inclusão de informação neste projeto de dissertação foi feito tendo em conta o seu ano de publicação, sendo quase todos eles de data posterior a 2005 (inclusive).

1.5. Calendarização

Esta calendarização dos trabalhos de pré-dissertação e dissertação foi feita com o objetivo de executar os trabalhos até ao dia 31 de outubro de 2016. Seguidamente estão descritas de forma resumida, aquelas que considereei serem as principais atividades deste trabalho de dissertação. As datas indicadas são as datas planeadas de término de cada uma das atividades. Os pontos 1) e 2) referem-se a entregas para avaliação.

- Inicialização do trabalho de pré-dissertação, execução de pesquisas, introdução e enquadramento

1 de novembro

- Estado de arte/Revisão de Literatura

15 de novembro

- Análise à revisão de Literatura

30 de janeiro

- Abordagem Metodológica

20 de fevereiro

- 1) Finalização e entrega prevista da Pré-dissertação

26 de março

- Definição e configuração de um ambiente adequado para a aplicação do método EVM em projetos de TI

15 de abril

- Experimentação do ambiente desenvolvido em projetos de software

20 de maio

- Análise e interpretação da realização da experiência e dos resultados obtidos

15 de agosto

- 2) Finalização e entrega prevista da Dissertação

31 de outubro

1.6. Estruturação do Documento

O documento está dividido em 6 capítulos. O capítulo 1 trata da introdução ao tema, os objetivos, a metodologia, calendarização e o processo de recolha do estado de arte. Do capítulo 2 fazem parte informações relativas ao aparecimento do EVM, a sua relação com a gestão de projetos e a definição dos elementos constituintes do método. O capítulo 3 destina-se à redação de informação mais voltada a um tipo de projeto de TI, o de *software* e aí são expostos alguns desafios que se podem enfrentar na implementação do método EVM. O capítulo 4 descreve algumas das ferramentas utilizadas para a implementação do método e descrição das utilizadas no desenvolvimento da dissertação. A proposta de um referencial e a sua validação é feita no capítulo 5. Aqui são feitas as análises do EVM, especificamente do SPI Modificado ao longo da execução da *Inception*. O último e 6º capítulo é referente a conclusão retiradas, não apenas do teste feito ao método, mas também do projeto de dissertação no geral, contendo ainda propostas de desenvolvimento futuro.

2. Enquadramento Conceptual EVM

O *Earned Value* na sua forma fundamental é referido na literatura no final dos anos de 1800, tendo ao longo dos anos evoluído no nome e na forma. Ao longo deste capítulo será feito um enquadramento histórico do EVM acompanhado da sua evolução e a relação do método EVM com a gestão de projetos. Segue-se uma descrição dos elementos chave do EVM e dos cálculos referentes às variações (*Schedule Variance* e *Cost Variance*), aos índices (*Schedule Performance Index* e *Cost Performance Index*) e às previsões (*Estimate To Complete*, *Estimate At Completion*, *Variance At Completion* e *To-Complete Performance Index*). São ainda descritas neste capítulo as técnicas de medição de EV, de apresentação de informação com o EVM e o sistema EVM (EVMS).

2.1. A Génese e Evolução do *Earned Value*

O EVM começou por se tornar mais conhecido após ter sido considerado um componente essencial do chamado, *Cost/Schedule Control Systems Criteria* (C/SCSC). O C/SCSC compreendia 35 normas de conformidade requeridas pelos sistemas de gestão de controlo, de forma a garantir consistência na geração de relatórios de desempenho em aquisições nos grandes projetos do Governo dos Estados Unidos. A imposição das normas foi feita por agências governamentais sempre que existissem riscos de crescimento de custos, isto é, sempre que fosse utilizado um custo reembolsável ou contrato de incentivo. O lançamento das normas foi feito pela primeira vez em dezembro de 1967 pelo departamento de defesa dos Estados Unidos, tendo sido constantemente utilizado como o seu método de gestão de custos na procura de novos sistemas (Fleming & Koppelman, 2010).

Os autores Fleming & Koppelman apresentam a evolução do EVM em 4 fases, sendo a fase 0 a que deu origem ao conceito de EV no seu estado fundamental evoluindo até à fase 3, descrita como sendo aquela que perdura até à atualidade.

2.1.1. Fase 0

Durante muitos anos no final de 1800, os engenheiros industriais dos Estados Unidos, fizeram aquilo que a maioria dos executivos não conseguem fazer ainda na atualidade. Estes engenheiros aplicaram uma abordagem tridimensional, com o objetivo de avaliar a eficiência do desempenho

relativo ao trabalho na fábrica. Naquela altura os engenheiros mediam o desempenho contra uma base de referência chamada de “*planned standards*” (padrões planeados) medindo depois os “*earned standards*” (padrões ganhos) alcançados, contra as “*actual expenses*” (despesas reais) verificados, de forma a medir precisamente o desempenho nas suas fábricas, tendo desta abordagem resultado um EVM na sua forma mais fundamental (Fleming & Koppelman, 2010). (PMI frase entre aspas)

Nesta época foi definido o “*cost variance*” (variação de custo) pelos engenheiros industriais, representativo da diferença entre os custos incorridos e os ganhos alcançados (Moski Jr, 1951).

2.1.2. Fase 1

O PERT (Program Evaluation Review Technique) é uma técnica de gestão primeiramente apresentada como uma programação/planeamento em rede e dispositivo de gestão de risco, pela marinha dos Estados Unidos, desenvolvido em 1958 (DoN, 1958). Inicialmente esta abordagem tinha duas vertentes:

1. Estimular o desenvolvimento de planeamento de um novo projeto na forma de um fluxograma lógico;
2. Avaliar a probabilidade real de executar e alcançar o planeado.

Uma das dificuldades iniciais assentou no facto do PERT apresentar um forte foco na probabilidade estatística, acrescentando ainda a evidência de que na altura em questão não existiam computadores e programas de *software* disponíveis para uma adequada implementação (Fleming & Koppelman, 2010).

Como técnica de planeamento acabou por não ser tão bem-sucedida quanto o *Critical Path Method* (CPM) que apareceu numa outra indústria, pela mesma altura que o PERT (Archibald & L. Villoria, 1967).

Mais tarde em 1962 o PERT surgiu com o conceito expandido. Partindo de uma ferramenta de planeamento na simulação da lógica do projeto na forma de um diagrama de rede, pensaram em acrescentar-lhe recursos gerindo assim, não só o tempo, como também os custos. Daqui nasceu o conceito do PERT/*Cost* que acabou por falhar novamente, por falta de recursos computacionais necessários ao adequado suporte de redes simples de planeamento. Destas técnicas, nenhuma

prevaleceu, mas delas sobreviveu o conceito de *Earned Value* (valor ganho) para monitorizar o verdadeiro custo de desempenho durante o ciclo de vida de qualquer projeto (Fleming & Koppelman, 2010).

2.1.3. Fase 2

Em 1965, a força aérea dos Estados Unidos formou o grupo *Cost Schedule Planning and Control Specification* (CSPCS), onde as reuniões eram criadas por pessoas envolvidas anteriormente em ambas as técnicas PERT e, pegando nas lições retiradas da altura optaram por conceber a ideia de os contratantes terem que satisfazer critérios amplamente definidos com os sistemas de gestão de controlo existentes. Relativamente aos critérios estes apenas exigiam respostas por parte da indústria a algumas questões básicas, no entanto, devem ter por base os princípios de gestão de projetos. Uma das pessoas envolvidas no início deste processo descreveu as questões que pretendia que a indústria respondesse (Fleming & Koppelman, 2010):

“O contratante “desmonta” o trabalho em pequenos pacotes de trabalho que podem ser orçamentados, calendarizados e avaliados? Têm um sistema de orçamentação? Mede o desempenho dos pequenos pacotes de trabalho...e depois dá a informação do seu estado e variações da sua própria gestão interna? Não queremos dizer a cada um como gerir.” (Driessnack & Spangnid, 1990).

Em dezembro de 1967, foi apresentado o chamado Cost/Schedule Control Systems Criteria, C/SCSC, pelo departamento de defesa dos EUA. O C/SCSC veio acompanhado do conceito de *Earned Value* (valor ganho), convertido em 35 critérios impostos, a contratantes privados com o desejo de serem selecionados para contratos ou subcontratos de grandes novos projetos cujo limite de financiamento foi ultrapassado. Estes critérios eram impostos pelo Departamento de Defesa (DoD) ao sistema de controlo de gestão dos contratantes sempre que um custo ou contrato tipo de incentivo, fosse utilizado. Após mais de três décadas de utilização, os praticantes do conceito foram colhendo uma quantidade significativa de conhecimento científico baseado na utilização destas normas, principalmente acerca do *Earned Value* e não apenas conhecimento científico, mas empírico também.

2.1.3.1. *Earned Value* Management como Parte do C/SCSC

A utilização do *Earned Value* em conjunto com o C/SCSC gerou resultados impressionantes acompanhado de um novo corpo de conhecimento científico adquirido por experiências reais com o

desenvolvimento de centenas de projetos. Porém, houve circunstâncias nas quais a experiência não se revelou satisfatória avaliada por praticantes do setor privado.

O C/SCSC burocraticamente passou por uma evolução ao longo de três décadas, tendo tido o seu início em 1966, quando foram definidos os critérios iniciais. Posteriormente interpretações isotéricas conduziram a um desenvolvimento formalizado de diretrizes de implementação, manuais de controlo (vigilância) e listas de verificação de implementação contendo centenas de questões para o uso dos praticantes.

Relativamente às listas de verificação de orientação, tomaram um papel fulcral ao se tornarem requisitos a impor em sistemas de controlo de gestão. A utilização destas listas foi razoável em alguns casos, no entanto, houve outros casos em que as regras de implementação foram arbitrárias e ainda dogmáticas.

O propósito de utilizar as questões da lista de verificação dos critérios era de servir simplesmente como orientador, a ser exercido com bom senso profissional, contudo, alguns profissionais governamentais elevaram esta lista e associaram-lhe questões em pé de igualdade com os 35 critérios definidos inicialmente.

Na década de 1980 surgiram os praticantes profissionais do C/SCSC que se tornou um sucesso do ponto de vista do governo. Este sucesso foi identificado por permitir a superintendência do desempenho do contratante sempre que os riscos de crescimento dos custos dependessem diretamente do governo. Os 35 critérios definidos inicialmente permaneceram consistentes e inalterados. O conceito de *Earned Value* como parte do C/SCSC original, nunca foi inteiramente aceite ou adotado pela indústria privada para uso na gestão de projetos internos (Fleming & Koppelman, 2010).

2.1.4. Fase 3 – Até Agora

Tanto o governo dos EUA, em particular o departamento de defesa, como o setor privado, apesar dos bons resultados do *Earned Value* com o C/SCSC, achavam que eram necessárias algumas mudanças. Estas mudanças passavam pela transformação do *Earned Value*, tornando-o mais amigável ou “*user friendly*”, no caso de o conceito ser aplicado em projetos para além daqueles impostos pelo governo.

Numa reunião da subcomissão de sistemas de gestão da associação nacional de defesa industrial (National Defense Industrial Association (NDIA)), ficou decidido que este iria proceder a uma reavaliação e redefinição dos critérios que tinham sido inicialmente definidos pelo departamento de defesa dos EUA. Tinham por objetivo transformar os critérios em algo mais compatível com as necessidades da indústria privada.

Após alguns meses foram estabelecidos os novos 35 critérios do C/SCSC tendo a nova versão industrial sido apelidada de critérios “*Earned Value Management System*” e a sua composição passou a ser de 32 critérios, cada um escrito de forma mais agradável. O grande objetivo era o de aumentar a utilidade do *Earned Value* para gestores de projeto. Os referidos critérios são ilustrados mais à frente no ponto 2.8.2.

A aceitação dos 32 critérios do EVM aconteceu a 14 de dezembro, de 1996, tendo estes posteriormente obtido a aprovação para serem formalmente emitidos como um documento *American National Standard Institute/ Electronic Industries Alliance* (ANSI/EIA).

A grande importância destes movimentos não esteve na redução de 35 para 32 critérios, esteve sim na atitude das partes envolvidas ao processo.

Durante o ano de 1997, verificou-se uma espécie de deslocamento de responsabilidades do mandato do governo, para a propriedade do *Earned Value* pela indústria privada. Esta indústria, a privada, adotou o *Earned Value* não por se tratar de um requisito do governo, mas sim por se tratar de uma ferramenta de boas práticas viável que pode ser utilizada por qualquer gestor de projeto (Fleming & Koppelman, 2010).

2.2. EVM e o Processo de Gestão de Projeto

Lipke (2013) refere que o método EVM é apenas mencionado resumidamente no PMBOK como uma técnica e ferramenta para o controlo de desempenho de custos e prazos, surgindo ainda no OPM3 (Organizational Project Management Maturity Model) onde são identificadas medidas e indicadores de desempenho do EVM como uma mera abordagem a ser considerada na satisfação da fase de melhoria da gestão de projetos. Daqui surge a questão se a falta de ênfase por parte destes dois documentos em relação ao EVM, não condiciona o avanço da gestão de projetos.

Quando se conhece o desempenho do projeto em termos qualitativos podemos dizer que sabemos alguma coisa acerca do projeto, no entanto a informação qualitativa não é suficiente para a análise e ações de gestão. Apenas na descrição do desempenho em medidas objetivas é possível que os gestores de projeto ganhem um conhecimento profundo e formulem táticas para melhorarem as suas oportunidades de sucesso (Lipke, 2013).

Sendo o EVM cerca de 20 anos mais velho do que o PMBOK e possivelmente com maior maturidade na aplicação surge a questão de porquê não ser mais utilizado? Desde que surgiu e ao longo destes últimos anos, os sistemas EVM não eram dotados de tanta precisão, nem as capacidades computacionais acompanhavam as necessidades tecnológicas do EVM, conduzindo-o a uma reputação de ser muito complexo, difícil de fazer e caro de implementar.

É de extrema importância entender que os elementos prescritos no PMBOK na preparação do projeto para a execução, são os necessários para a aplicação do EVM, como por exemplo WBS, estimativas de durações e custos de tarefas, sequenciação de tarefas e criação do cronograma. O ponto chave é o de que se forem seguidas as boas práticas de gestão de projetos, aplicar o EVM torna-se uma tarefa mais fácil (Lipke, 2013).

O uso efetivo do EVM implica que este seja utilizado em projetos onde os princípios de boa gestão de projeto, conforme descritos no PMBOK, são aplicados. De forma a entender o papel do método EVM numa gestão de projetos efetiva é importante examinar a relação existente entre o EVM e os grupos de processos de gestão de projetos do PMBOK Guide e as suas áreas de conhecimento. A figura 2 é ilustrativa da relação entre o EVM e os grupos de processos, e destaca as áreas de gestão de projetos nas quais o EVM é principalmente aplicado. O planeamento do projeto passa principalmente por determinar:

- Trabalho que tem que ser feito (âmbito) e em que componentes (*Work Breakdown Structure* (WBS));
- Quem vai desempenhar e gerir o trabalho (*Responsability Assignment Matrix* (RAM));
- Quando o trabalho será feito (planeamento/calendário);
- Quanto trabalho e o seu custo, materiais e recursos relacionados irão ser necessários para realizar o trabalho.

A execução do projeto é primeiramente uma questão de fazer o trabalho planeado e manter trabalhadores e gestores informados

Knowledge Areas	Process Groups				
	Initiating	Planning	Executing	Monitoring & Controlling	Closing
Project Integration Management	X	X	X	X	X
Project Scope Management		X		X	
Project Time Management		X		X	
Project Cost Management		X		X	
Project Quality Management		X	X	X	
Project Human Resource Management		X	X		
Project Communications Management		X	X	X	
Project Risk Management		X		X	
Project Procurement Management		X	X	X	X

LEGEND

X One or more project management processes for which earned value is fundamentally applicable

No project management process is mapped here

Figura 2 - EVM e a Gestão de Projeto (PMI, 2011).

O foco do controlo de projetos está maioritariamente na monitorização e na execução de relatórios relativos à execução dos planos de gestão dos projetos, relacionados com o âmbito, planeamento e custo, juntamente com a qualidade e o risco. O controlo do projeto é noutras palavras, um processo para manter o desempenho do projeto e resultados dentro de uma faixa tolerável no plano de trabalhos.

Durante o processo de planeamento do projeto, o EVM requer o estabelecimento de uma linha de base de medição de desempenho (PMB, *Performance Measurement Baseline*). Estes requisitos, amplificam a importância dos princípios de planeamento do projeto, especialmente aqueles relacionados com o âmbito, planeamento e custo. O EVM eleva a necessidade para que o trabalho do projeto seja executável e possível de gerir, e para os trabalhadores e gestores se manterem responsáveis e se responsabilizarem pelo desempenho do projeto.

O trabalho do projeto necessita ser discriminado, recorrendo à WBS (*Work Breakdown Structure*), em tarefas executáveis e elementos de gestão, geralmente chamados de contas de controlo. Seja um indivíduo ou uma equipa, necessita de gerir cada um dos elementos de trabalho. O trabalho todo precisa ser atribuído à força de trabalho para que seja executado, utilizando uma *Organization Breakdown Structure* (OBS).

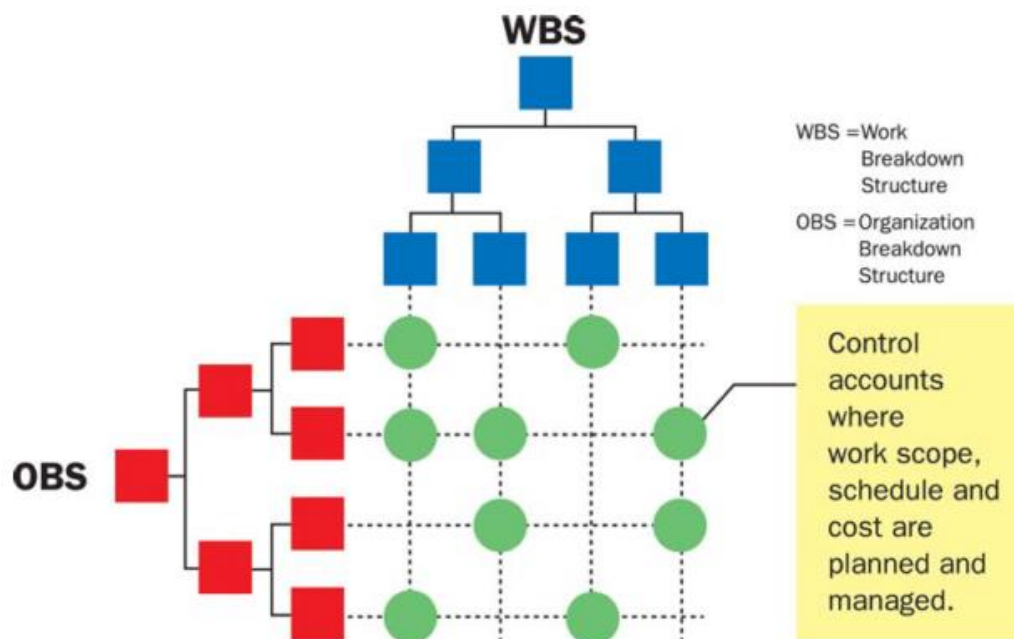


Figura 3 - *Control Account Matrix* (PMI, 2005).

O trabalho do projeto necessita ser logicamente planeado com os recursos, num plano de trabalho; o âmbito do trabalho, planeamento e custo precisam ser integrados e registados num orçamento temporalmente faseado, conhecido como *performance measurement baseline* (PMB).

A figura 4 mostra um hipotético plano de trabalho elaborado com o Gantt.

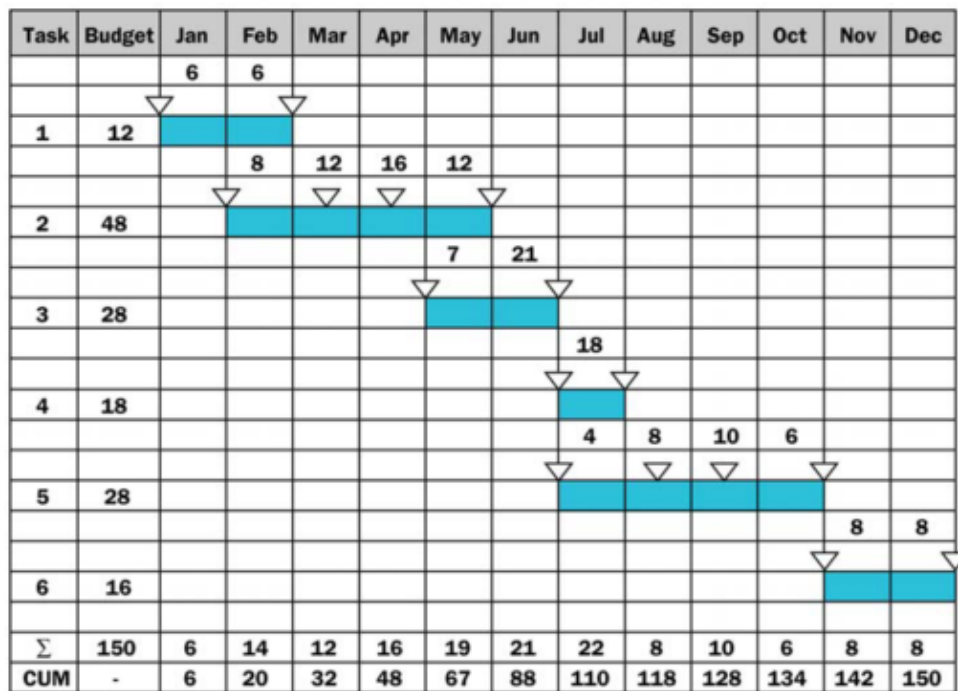


Figura 4 - Plano de trabalho *Gantt*. Retirado de (PMI, 2005).

A este plano de trabalho representado na figura 4, foram acrescentadas técnicas de medição de EV.

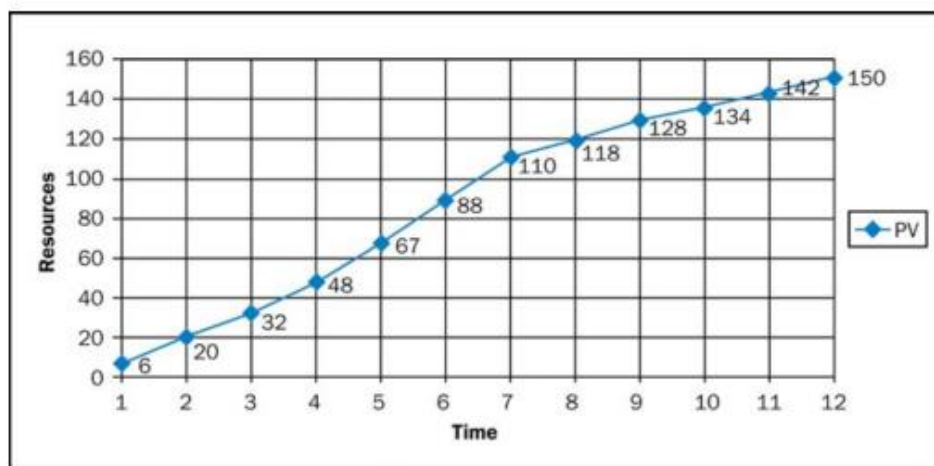


Figura 5 - *Performance Measurement Baseline*. Retirada de (PMI, 2005).

A figura 5 mostra o PMB para o hipotético plano de trabalho. No processo de planeamento tem que ser estabelecida a forma de avaliar o progresso do trabalho físico.

2.3. *Earned Value Management*: principais conceitos

O *Earned Value Management* (EVM) é uma metodologia de gestão para integração do âmbito, plano de trabalho e recursos do projeto, com a finalidade de medir de forma objetiva o seu desempenho e progresso, permitindo ainda a previsão antecipada de resultados (PMI, 2011). O EVM é também chamado de "gestão com as luzes ligadas" e isto deve-se ao facto de este permitir mostrar onde o projeto está e para onde se dirige em comparação com onde o projeto deveria estar e que direção deveria estar a seguir (PMI, 2008).

No ano de 2000 foi criado um modelo de maturidade EVM de 5 níveis, chamado de *Earned Value Management Maturity Model* (EVM3), com a intenção de avaliar a capacidade de uma organização aplicar o EVM (Stratton, 2006).

2.4. Elementos Chave do Método EVM

2.4.1. *Planned Value*

Em qualquer ponto no planeamento do projeto, descreve o trabalho que deveria ter sido executado. Trata-se de uma reflexão numérica do orçamento do trabalho planeado a ser feito, sendo a base estabelecida, *Performance Measurement Baseline* (PMB), contra a qual é medido o real progresso do projeto. Depois de estabelecida, esta base poderá apenas mudar para refletir mudanças de planeamento e custo, provenientes de mudanças no âmbito do projeto. Também conhecido como *Budgeted Cost of Work Scheduled* (BCWS). Normalmente o *Planned Value* mostra os recursos orçamentados acumulados ao longo do cronograma do projeto (PMI, 2011).

2.4.2. *Earned Value*

Descreve o progresso do trabalho num dado ponto do tempo, é também conhecido por *Budgeted Cost of Work Performed* (BCWP). O *Earned Value* reflete a quantidade de trabalho feito até à data ou num dado período no tempo, expresso como *Planned Value* para aquele trabalho (PMI, 2011).

2.4.3. *Actual Cost*

Também conhecido como *Actual Cost of Work Performed*, indica o nível de recursos gastos para a concretização do trabalho efetivamente realizado até à data ou num dado período no tempo (PMI, 2011).

2.4.4. Earned Schedule

Trata-se de uma extensão do método EVM, introduzida por Lipke com este nome, para superar as limitações relacionadas com o planeamento no método tradicional EVM. Esta nova métrica foi introduzida com a ideia de utilizar tempo em vez de custo, na medição do progresso do planeamento (Lipke W. , 2003), (Vanhoucke, 2014). O *Schedule Variance* (SV) e *Schedule Performance Index* (SPI) são calculados com base neste *Earned Schedule* (ES).

2.5. Técnicas de Medição EV

As técnicas de *Earned Value* devem ser selecionadas tendo por base a atribuição do trabalho, a duração do esforço e a realidade do produto em causa.

O desempenho do esforço relacionado com a conclusão de produtos específicos e que pode ser medido e planeado designa-se por esforço discreto. O esforço aplicado a um projeto que não seja divisível em esforço discreto, mas que esteja relacionado em proporção direta com esforços mensuráveis é designado por esforço repartido e a atividade de suporte que não produz produtos finais é designada como nível de esforço.

O trabalho poderá ser medido periodicamente, semanalmente ou mensalmente, sendo a técnica de EV para medição de desempenho selecionada consoante a duração do trabalho e o número de medidas necessárias a efetuar. Esforço discreto que implique 1 a 2 períodos de medição é geralmente medido com fórmula fixa, onde a percentagem de trabalho é atribuída no início e no final. No que diz respeito ao esforço discreto de longa duração (>2 períodos), é medido com outras técnicas como a percentagem completa ou a introdução de marcos. Na tabela 1 podemos verificar as técnicas de medição segundo a sua duração e características.

Tabela 1 – Técnicas de Medição EV adaptada de PMI (2011).

Tipo de Trabalho/Tarefa		Características	
		Tangível (Mensurável)	Intangível (Imensurável)
Duração	Curta (1-2 Períodos)	Fórmula Fixa	Esforço Repartido Nível de Esforço
	Longa (Superior a 2 Períodos)	Milestones Ponderados Percentagem Completa Medição Física	

EV é uma medida de trabalho realizado e uma foto do progresso do trabalho num dado momento. Os métodos de medição de trabalho realizado são selecionados durante o processo de planeamento antes de dar início ao trabalho e são a base de medição de desempenho durante a execução do projeto.

Normalmente os métodos EV são atribuídos e aplicados a pacotes de trabalho e cada pacote de trabalho tem características únicas, assim sendo, não há uma única melhor maneira de medir o progresso. Existem três classes de trabalho para acomodar os diferentes tipos de trabalho:

- Esforço discreto;
- Esforço repartido;
- Nível de esforço.

Cada uma destas classes tem um ou mais métodos de medição disponíveis, tendo cada uma delas características específicas que determinam como é aplicado ao trabalho (PMI, 2011).

2.5.1. Esforço Discreto

Esforço discreto é referente a uma atividade que pode ser planeada e medida produzindo um resultado específico e está diretamente relacionada a produtos finais específicos ou serviços com pontos de medição distintos e resultados que derivam diretamente do esforço discreto. Existem 4 técnicas de medição principais de esforço discreto que permitem medições precisas de trabalho realizado:

Fórmula Fixa

Atribui uma determinada percentagem do valor do orçamento do pacote de trabalho para dar início aos pacotes de trabalho. A percentagem restante do valor do orçamento é atribuído quando o pacote de trabalho está finalizado. Para trabalhos detalhados, pequenos e de curta duração os métodos de 50/50 e de 25/75 são tipicamente efetivos.

Este método é apenas utilizado em pacotes de trabalho mais pequenos, planeados para começar e acabar dentro de 2 períodos de relatório. Recorrendo ao uso da fórmula fixa torna-se fácil planear e medir o desempenho, no entanto, a percentagem arbitrária poderá não corresponder com precisão ao desempenho do trabalho.

***Milestones* Ponderados**

Um *milestone* ou marco, trata-se de um evento ou ponto significativo no projeto e o método de *milestones* ponderados, divide um pacote de trabalho em segmentos mensuráveis, terminando cada

um com um marco observável. Este método faz mais sentido em projetos com duração superior a 2 períodos de relatório que tenham resultados ou marcos intermédios e tangíveis.

Percentagem Completa

Este método ilustra uma estimativa da percentagem de trabalho terminado no fim de cada período de medição, e este deve ser baseado na conclusão objetiva e quantificável do trabalho. A determinação do PV é realizada através dos recursos faseados no tempo necessários à conclusão do pacote de trabalho. O EV obtém-se pela multiplicação do pacote de trabalho BAC, pela percentagem completa. No que diz respeito à percentagem completa, esta deve ser determinada da forma mais objetiva possível.

Medição Física

Este método, ao contrário do método de *milestones* ponderados e percentagem completa, pode-se relacionar de forma mais explícita com a conclusão do trabalho, podendo as medidas incluir quaisquer unidades que se possam explicitamente relacionar com a conclusão do trabalho. Dentro dos exemplos, podemos destacar, comprimento do cabo colocado, quantidade de raios na roda de uma bicicleta, entre outros. Tanto o método de medição, como medidas específicas com custos ou esforços gastos devem ser definidos e acordados com antecedência.

2.5.2. Esforço Repartido

O esforço repartido é utilizado para trabalho com uma relação direta e de apoio ao trabalho discreto. O valor para a tarefa de suporte é determinado com base no EV da atividade base referenciada.

O esforço repartido poderá incluir trabalho como, garantia de qualidade, inspeção e atividades de teste. Um esforço de trabalho repartido é estimado como percentagem do esforço do trabalho discreto. A utilização de uma percentagem para o esforço discreto é utilizada quando existem registos de desempenho suficientes e ainda conhecimento da inter-relação entre o esforço repartido e discreto.

2.5.3. Nível de Esforço

LOE (*Level-Of-Effort*) é referente a atividades que não produzem diretamente produtos finais definitivos que podem ser entregues ou medidos de forma objetiva. Este trabalho, como gestão de projeto e contrato por exemplo, consome recursos do projeto, devendo ser assim incluído nos grupos de processo de planeamento, execução, monitorização e controlo do EVM. A cada tarefa de nível de

esforço é atribuído um PV para cada período de medição, sendo este PV creditado como EV no fim do período de medição. O EV é acumulado a par do PV significando que não há variação no prazo das atividades de nível de esforço. O mesmo não acontece com a variação de custo, que por sua vez poderá acontecer devido aos custos atuais (AC) serem geralmente diferentes do valor ganho (EV).

2.6. Outros Elementos do Método EVM

2.6.1. Análise de Desempenho

O desempenho do projeto é analisado pelo cálculo de variações de desempenho e índices de desempenho. Para os exemplos dos cálculos que se irão apresentar ao longo do documento, consideram-se os seguintes valores em euros (PMI, 2011):

Planned Value = 40 (trabalho planeado até à data)

Earned Value = 30 (Trabalho feito até à data)

Actual Cost = 50 (custos incorridos na execução do trabalho feito até à data)

Budget At Completion = 170 (orçamento total autorizado)

O BAC é relativo à soma dos orçamentos estabelecidos para o trabalho a ser executado.

2.6.2. Variações

As variações representam o estado atual, por comparação dos elementos chave (PMI, 2011).

2.6.2.1. *Schedule Variance*

Determina se um projeto está atrasado ou adiantado em relação ao planeado na realização do trabalho. O seu cálculo é feito por subtração do *Planned Value* ao *Earned Value*. Valores positivos indicam que foi realizado mais trabalho relativamente ao planeado e os valores negativos representam trabalho que foi feito a menos em relação ao planeamento.

$$SV = EV - PV$$

$$SV = 30 - 40$$

$$SV = -10$$

O SV pode ainda ser expresso em percentagem pela divisão do *Schedule Variance* pelo *Planned Value*.

$$SV\% = SV/PV$$

$$SV\% = -10/40$$

$$SV\% = -25\%$$

Este resultado traduz-se em 25% do trabalho planeado, que não foi realizado.

2.6.2.2. *Cost Variance*

Determina se um projeto está acima ou abaixo do orçamento definido. O seu cálculo é feito por subtração do *Actual Cost* ao *Earned Value*.

$$CV = EV - AC$$

$$CV = 30 - 50$$

$$CV = -20$$

O *Cost Variance* pode ser expresso em percentagem ao fazer a sua divisão pelo *Earned Value*.

$$CV\% = CV/EV$$

$$CV\% = -20/32$$

$$CV\% = -62,5\%$$

Este resultado indica que até à data o projeto está 62,5% acima do orçamento para o trabalho que foi efetuado.

2.6.3. Índices

Tratam-se de indicadores de como o custo e o planeamento são utilizados de forma eficiente e representam as tendências do progresso no projeto (PMI, 2011).

2.6.3.1. *Schedule Performance Index*

O SPI ilustra como a equipa de projeto está a trabalhar por comparação ao plano e o seu cálculo é feito pela divisão do *Earned Value* pelo *Planned Value*.

$$\text{SPI} = \text{EV} / \text{PV}$$

$$\text{SPI} = 30 / 40$$

$$\text{SPI} = 0.75$$

Este valor, 0.75 indica que 75% do trabalho está a ser executado conforme o planeado. Os valores inferiores a 1.0 representam menos trabalho feito relativamente ao planeamento.

2.6.3.2. *Cost Performance Index*

O CPI é um indicador de eficiência de custo, que é calculado pela divisão do *Earned Value* pelo *Actual Cost*. Este indicador mede o custo eficiente da equipa na utilização dos recursos.

$$\text{CPI} = \text{EV} / \text{AC}$$

$$\text{CPI} = 30 / 50$$

$$\text{CPI} = 0.60$$

Neste caso 0.6 significa que para cada 100€ gastos, há um ganho de 60€ do valor orçamentado, sendo que, valores inferiores a 1.0 indicam que está a existir um gasto superior na realização do trabalho, relativamente ao planeado, traduzindo-se numa condição de excedência.

A tabela 2 que se segue, ilustra o significado das medidas de desempenho do EVM num projeto em relação ao trabalho planeado (calendarizado) e orçamento dos recursos.

Tabela 2 Interpretações de medidas de desempenho básicas do método EVM de PMI (2011)

Medidas de Desempenho		Prazo		
		$SV > 0$ e $SPI > 1.0$	$SV = 0$ e $SPI = 1.0$	$SV < 0$ e $SPI < 1.0$
Custo	$CV > 0$ e $CPI > 1.0$	Antes do prazo abaixo do orçamento	Conforme o prazo abaixo do orçamento	Depois do prazo abaixo do orçamento
	$CV = 0$ e $CPI = 1.0$	Antes do prazo conforme o orçamento	Conforme o prazo conforme o orçamento	Depois do prazo conforme o orçamento
	$CV < 0$ e $CPI < 1.0$	Antes do prazo acima do orçamento	Conforme o prazo acima do orçamento	Depois do prazo acima do orçamento

Assim, verificamos que, se o $SV > 0$ e o $SPI > 1.0$ indicam que o trabalho está a ser realizado antes do que aquilo tinha sido planeado, por outro lado, se $SV < 0$ e o $SPI < 1.0$ representam atrasos face ao planeamento. Caso o $SV = 0$ e o $SPI = 1.0$ ilustra que a realidade está a acompanhar o trabalho que foi planeado.

Relativamente ao custo, caso se verifique que $CV > 0$ e o $CPI > 1.0$ significa que o trabalho realizado até à data está abaixo do que orçamentado. Na situação oposta, $CV < 0$ e $CPI < 1.0$ traduz um gasto acima do estabelecido no orçamento relativamente ao trabalho planeado. Quando o $CV = 0$ e o $CPI = 1.0$ representa que o custo do trabalho planeado está de acordo com o que foi projetado no orçamento (PMI, 2011).

2.6.4. Previsões

Tendo como base o princípio fundamental de que tendências e padrões do passado determinam o futuro, os índices são utilizados para a previsão futura do projeto e das métricas de conclusão do projeto (PMI, 2011).

2.6.4.1. Estimate To Complete

ETC traduz o custo necessário para completar todo o trabalho restante para uma conta de controlo, pacote de trabalho ou projeto. Existem duas formas de desenvolver o ETC, sendo que uma

delas, considerada de maior precisão, consiste em desenvolver uma nova estimativa, detalhada e de baixo para cima com base na análise feita ao trabalho inacabado.

$$ETC = (BAC - EV) / CPI$$

$$ETC = (170 - 30) / 0.6$$

$$ETC = 233.33$$

2.6.4.2. *Estimate At Completion*

Trata-se do custo total esperado de uma conta de controlo, pacote de trabalho, ou o projeto aquando da conclusão do âmbito definido. O EAC deve ser estimado pela equipa, no entanto, pode ainda ser calculado com base no desempenho até à data. *Estimate at Completion* é baseado no *Actual Cost* do trabalho concluído somado com a estimativa para conclusão (ETC) do trabalho restante. Existem dois métodos para calcular o EAC, um deles analítico e a outra estatístico.

O método analítico é manual, somado de baixo para cima com base em expectativas de condições e desafios futuros para aferir previsões precisas de custos.

O método estatístico utiliza informação do EVM para projetar um EAC, regularmente chamado de EAC independente (IEAC) por ser independente de futuros projetos, ambientes. Trata-se de uma projeção futura dos resultados do projeto, baseados em informação histórica. É independente ainda da intervenção humana, como medidas corretivas e respostas arriscadas, afirmando-se assim uma boa validação do EAC do projeto, não devendo, no entanto, substituir o anterior.

$$EAC = AC + ETC$$

$$EAC = 50 + 233.33$$

$$EAC = 283,33$$

Esta fórmula é equivalente à que se segue:

$$EAC = BAC / CPI$$

$$EAC = 170 / 0.60$$

$$EAC = 283,33$$

Conclui-se assim que o projeto continua com a mesma eficiência de custo (CPI) para o restante projeto, sendo que as horas gastas serão aproximadamente 283, em vez das 192 previstas.

Tabela 3 - Suposições e Cálculos de EAC independente. Adaptado de PMI (2011)

Suposições	Fórmula
Custo de desempenho futuro será realizado à taxa definida no orçamento	$EAC = AC + (BAC - EV)$
Custo de desempenho futuro será igual ao custo de desempenho passado	$EAC = AC + [(BAC - EV) / CPI] = BAC / CPI$
Custo de desempenho futuro será igual aos três últimos períodos de medição (i,j,k)	$EAC = AC + [(BAC - EV) / ((EV_i + EV_j + EV_k) / (AC_i + AC_j + AC_k))]$
Custo de desempenho futuro será influenciado pelo desempenho do planejamento passado	$EAC = AC + [(BAC - EV) / (CPI \times SPI)]$
Custo de desempenho futuro será influenciado conjuntamente em alguma proporção, pelos índices de planejamento e custo	$EAC = AC + [(BAC - EV) / (0.8 CPI + 0.2 SPI)]$

Na tabela acima, podem-se identificar outras fórmulas de cálculos independentes do EAC que podem ser realizados tendo em conta as respostas que se pretendem obter, acompanhadas das respetivas suposições.

2.6.4.3. *Variance At Completion*

Prevê o déficit de orçamento ou excesso, no fim do projeto. *Variance At Completion* fornece informação à equipa de trabalho se a previsão do fim do projeto é feita acima ou abaixo do orçamento definido.

$$VAC = BAC - EAC$$

$$VAC = 170 - 192$$

$$VAC = -22$$

Neste caso, a previsão mostra que o projeto irá custar mais 22€ que o originalmente estabelecido no orçamento e pode ainda ser representado em forma de percentagem.

$$VAC\% = VAC / BAC$$

$$VAC\% = -22 / 170$$

$$VAC\% = -12,94\%$$

2.6.4.4. *To-Complete Performance Index*

É uma medida de comparação entre trabalho concluído à data com o orçamento necessário à conclusão do restante trabalho. A informação de TCPI pode ser utilizada para investigar se o desempenho exigido é na realidade possível de atingir.

Trata-se de uma projeção da eficiência de custos que deve ser atingida no trabalho que falta completar, de modo a atingir um objetivo específico de gestão. TCPI é o rácio de trabalho restante para o orçamento disponível.

O *Actual Cost* subtraindo ao *Estimate At Completion* (EAC - AC), irá resultar no orçamento restante. Para concretizar o EAC, o cálculo do TCPI é feito com a divisão do orçamento para o trabalho restante pela estimativa de o acabar.

$$TCPI_{EAC} = (BAC - EV) / (EAC - AC)$$

$$TCPI_{EAC} = (170 - 30) / (192 - 50)$$

$$TCPI_{EAC} = 0.99$$

Este resultado significa que, para o projeto atingir o EAC, o desempenho tem que aumentar a partir do CPI calculado, ou seja, de 0.60 para um TCPI de 0.99 para o trabalho incompleto. O resultado mostra o quão eficiente um projeto necessita ser de forma a atingir o EAC.

Para atingir o BAC o TCPI é calculado pela divisão do orçamento do trabalho restante pelo orçamento total menos o AC cumulativo.

$$TCPI_{BAC} = (BAC - EV) / (BAC - AC)$$

$$TCPI_{BAC} = (170 - 30) / (170 - 50)$$

$$TCPI_{BAC} = 1,17$$

Este resultado mostra que para que se atinja o orçamento planeado no fim, o desempenho tem que aumentar de um CPI de 0.60 para uma TCPI de 1.17 para o trabalho em falta. O valor resultante mostra o quão eficiente o projeto precisa ser de forma a alcançar o BAC.

A utilidade do TCPI aumenta quando comparado com o CPI e caso ele tenha um melhor resultado que este último, então o ponto final específico EAC ou BAC pode ser suavizado. Aumentar o EAC, causará uma diminuição no TCPI que terá como resultado uma eficiência de custos mais alinhada com o CPI. Em relação ao BAC este não se pode aumentar de forma a que a eficiência de custos fique mais alinhada com o CPI, pois aumentar o BAC necessitaria o aumento proporcional do âmbito do trabalho.

2.7. Comunicação de Informação com EVM

A Informação do EVM pode ser apresentada com recurso a diferentes métodos. Estes métodos são desenhados de acordo com as diferentes necessidades das partes envolvidas, e muitos deles são usados em determinados projetos e noutros não. Existem métodos de apresentação diversos, como por exemplo, gráficos em pizza, gráficos de dispersão, radar, entre outros, sendo que os mais utilizados são (PMI, 2011):

- Tabelas
- Gráfico de Barras
- Curvas-S

2.7.1. Tabelas

É de grande utilidade na apresentação de resultados de EVM por componentes do projeto. Os elementos constituintes da WBS poderiam, por exemplo, ser apresentados numa tabela de um dos lados e no outro os respetivos cálculos EVM. Um formato em tabela fornece uma visualização mais completa e concisa do que acontece em cada grande componente do projeto.

Tabela 4 Exemplo de comunicação de informação EVM com recurso a tabelas (PMI, 2011).

Bicycle Project Data	PV	EV	AC	CPI	SPI	TCPI	% Complete	BAC	EAC
Project Budget Baseline								330,000	287,110
Management Reserves								30,000	—
Performance Measurement Baseline	87,570	74,576	64,150	1.16	0.85	1.01	24.9	300,000	287,110
Undistributed: Contingency Reserves								22,960	22,960
Sum of WBS Elements	87,520	74,576	64,150	1.16	0.86	1.01		277,040	264,150
1.1.1 Frame	4,000	4,000	4,500	0.89	1.00	0.00	100.0	4,000	4,500
1.1.2 Handlebar	4,000	4,000	3,500	1.14	1.00	0.00	100.0	4,000	3,500
1.1.3 Fork	4,000	2,000	2,000	1.00	0.50	1.00	50.0	4,000	4,000
1.1.4 Seat	—	—	—	—	—	—	0.0	4,400	4,400
1.2.1 Crank Set	—	—	—	—	—	—	0.0	3,600	3,600
1.3.1 Front Wheel	15,600	15,600	5,000	3.12	1.00	0.00	100.0	15,600	5,000
1.3.2 Back Wheel	10,400	10,400	9,750	1.07	1.00	0.00	100.0	10,400	9,750
1.4.1 Braking System	3,920	1,176	2,000	0.59	0.30	1.03	10.3	11,440	12,000
1.5.1 Shifting System	—	—	—	—	—	—	0.0	10,400	10,400
1.6.1 Integration	—	—	—	—	—	—	0.0	6,000	6,000
1.6.2 Assembly	—	—	—	—	—	—	0.0	12,000	12,000
1.6.3 Test	—	—	—	—	—	—	0.0	19,200	19,200
1.6.4 Checkout	—	—	—	—	—	—	0.0	4,800	4,800
1.7.1 Project Management	24,000	17,600	17,600	1.00	0.73	0.97	20.0	88,000	90,000
1.8.1 Engineering	21,600	19,800	19,800	1.00	0.92	1.08	25.0	79,200	75,000

Podem ainda ser utilizadas na construção de uma curva-S, fornecendo desta forma informação mais detalhada do projeto num dado momento.

2.7.2. Gráfico de Barras

É uma ferramenta útil que pode ser usada na comparação do PV com o EV, AC com o EV por exemplo. Abaixo, é feita a comparação das variações de prazos, custos e na conclusão.

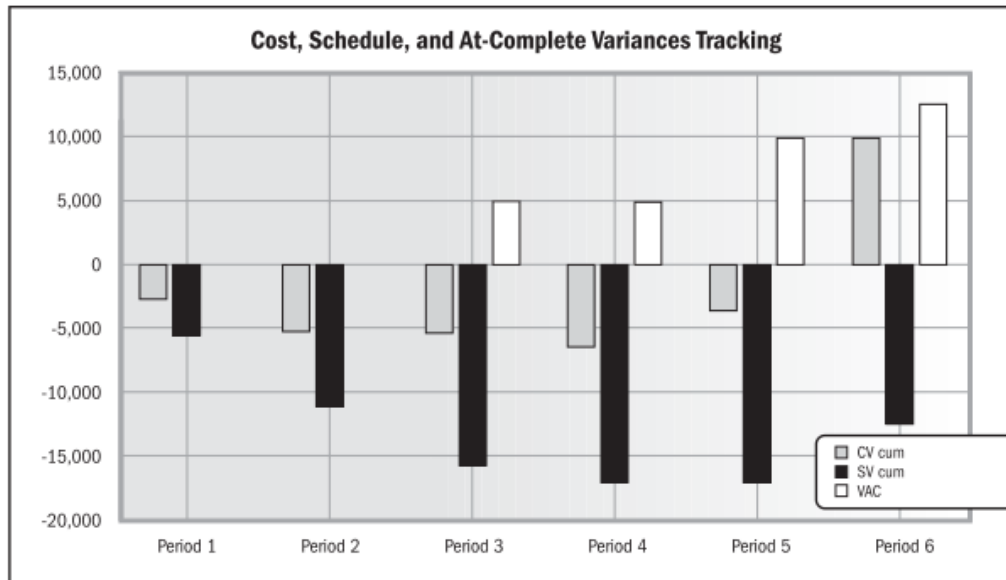


Figura 6 - Exemplo de comunicação de informação EVM com recurso a gráfico de barras (PMI, 2011).

2.7.3. Curvas-S

Ilustram métricas cumulativas de desempenho do EVM e tipicamente é apresentada nos eixos x, y, com o tempo na variável x, e os recursos na variável y.

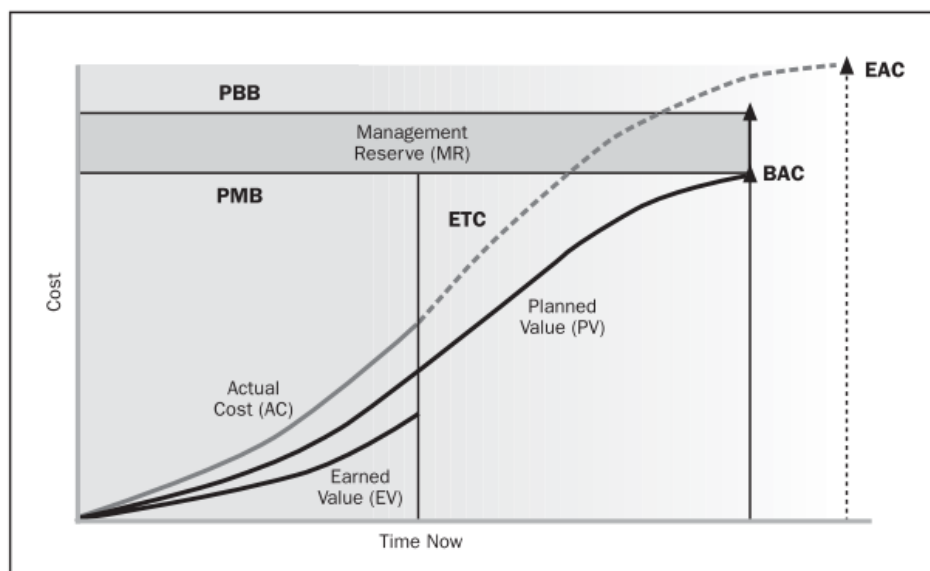


Figura 7 Exemplo de comunicação de informação EVM com recurso a gráfico Curva-S (PMI, 2011).

Este tipo de apresentação pode ser de grande utilidade na visualização rápida do estado geral de desempenho de uma atividade, conta de controlo ou do projeto.

2.8 EVMS (*Earned Value Management System*)

O sistema EVM é formado por um conjunto de ferramentas e processos usados para o planeamento e controlo do projeto utilizando os métodos EVM.

Para que este sistema seja efetivo é necessário que este integre a gestão de custos, prazos e âmbito do trabalho, estabeleça um plano de referência contra o qual será medido o progresso do projeto e que aplique os métodos EVM para monitorização do projeto e para alertar para possíveis problemas, podendo assim permitir tomar medidas corretivas ou de mitigação.

2.8.1. O que é um EVMS?

Trata-se de um sistema que fornece a integração entre custos, prazos e âmbito do trabalho juntamente com as ferramentas para o seu planeamento e gestão e permite, estabelecer bases de referência, rastrear indicadores de desempenho e custos e executar análises e previsões, baseadas em dados acumulados.

Implementar um EVMS numa organização requer um sistema que forneça informação, estrutura, estandardização e métodos de cálculo necessários à computação e monitorização dos elementos do EVM.

2.8.2. Normas e diretrizes EVMS

Visando ajudar as organizações no desenho e implementação de um sistema EVM efetivo, surgiram várias normas, sendo a mais conhecida a norma EIA - 748 nos Estados Unidos (EVMI, 2016). Seguidamente podemos ver essa norma.

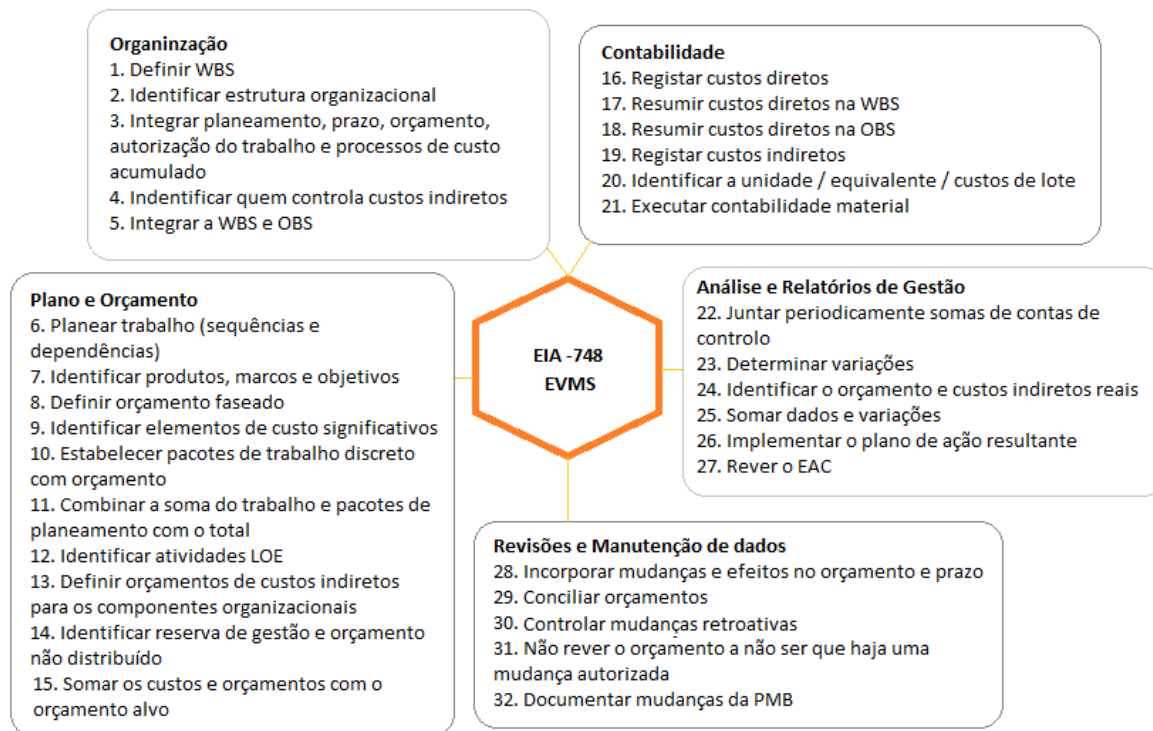


Figura 8 – Norma EIA - 748 adaptada a partir de (NDIA, 2014).

3. Enquadramento Conceptual EVM em Projetos de Software

O facto de os projetos de *software* serem únicos em diversas áreas faz com que o *Earned Value Management* se torne um desafio (Hanna, 2009). Tem sido objeto de investigações devido às diferentes características dos projetos de *software* e para aumentar a utilização deste método nestes mesmos projetos (Efe & Demirors, 2013).

Fleming e Koppelman (2010), autores do livro *Earned Value Project Management*, defendem que o EVM pode ser utilizado nos projetos de TI da mesma forma que é utilizado noutros projetos, não referindo nenhuma variação no método. Em vez disso, os autores apresentam um guia geral do método a ser aplicado de forma bem-sucedida em todos os projetos, acompanhado de 10 “*musts*” para implementação do *Earned Value* em todos os projetos, afirmando Fleming e Koppelman que ao seguir esta implementação garante-se que são capturados os fundamentos críticos do *Earned Value* e que a aplicação a qualquer projeto, pequeno ou grande, é bem-sucedida (Fleming & Koppelman, 2010).

Ferle em 2006, debruça-se sobre a implementação em projetos de *software*, sublinhando os fatores que afetam o sucesso de um projeto, referindo também as dificuldades específicas à gestão de projetos de *software*, alertando ainda para o facto de a aplicação do método EVM neste tipo de projetos não ser algo conhecido por todos. Este autor faz ainda a investigação da complexidade no planeamento, monitorização e relatórios de projeto na perspetiva do EVM. Ferle salienta também a grande dificuldade que existe em fazer estimativas de esforço de tarefas nestes projetos, chegando mesmo a dizer que há situações em que tal é impossível e uma das grandes dificuldades assenta no facto de ser totalmente orientada ao homem e por consequência o esforço fica dependente das competências dos desenvolvedores (Ferle, 2006).

Em 2009, Hanna apresenta uma discussão dos desafios específicos presentes na gestão de *software* e os seus efeitos no EVM. Ele apresenta-nos os desafios em três categorias, “Inovação e Protótipos”, “Descoberta de Defeitos e Resolução” e “Mudanças de Arquitetura”. Após a identificação destes desafios, o autor propõe abordagens de modo a tornar os projetos de *software* mais adequados ao EVM, seguindo-se uma explicação de como poderiam ser aplicadas as soluções, consoante os desafios em causa. Hanna, fornece um olhar sobre os desafios, sendo que a maioria estão relacionados com a grande incerteza presente tanto no planeamento, fatores de qualidade ou

questões de *design*. Fornece ainda técnicas que ajudam a quantificar a natureza da incerteza, bem como, diferenciá-la no planeamento do projeto (Hanna, 2009).

O EVM é ainda utilizado em conjunto com práticas ágeis, tendo por nome *Agile EVM* (Sulaiman, Barton, & Blackburn, 2006) e surge da adaptação do EVM empregando valores definidos no *Scrum* com um conjunto simplificado de cálculos do *Earned Value*. As práticas ágeis em conjunto com o método EVM surgiram em 1998 por Steven H. Lett (Lett, 1998) tendo a metodologia passado por uma evolução com os contributos de Alleman e Henderson (2003) e Cockburn (2005).

Performance-Based Earned Value (PBEV) é apresentado em 2001 por Solomon e definido por se um meio simples e económico de implementar o EVM para minimizar custos administrativos e se concentrar no cenário geral (Solomon, 2001). O autor aponta várias limitações ao *standard EVM* (Solomon, 2004) sendo a primeira, o facto de o EVM medir a quantidade do trabalho realizado e não a qualidade. Em segundo lugar Solomon refere que o EVM aborda apenas o âmbito de projeto, ignorando o âmbito do produto. Outra limitação apontada pelo autor é a de apesar de o EVM não estar desenhado para gerir o risco ser percebido como uma ferramenta de gestão de risco (Solomon, 2005). O PBEV tem o seu foco nos requisitos do cliente e este adiciona o âmbito do produto e os requisitos de qualidade ao processo. As medidas de progresso baseadas no desempenho para a satisfação dos requisitos de qualidade do produto são especificados e são as medidas de base do EV.

Em 2010 o autor Alexandre Rodrigues apresenta uma proposta modificada do SPI, testado em várias indústrias e tipos de projeto, falando-nos também de propostas alternativas aos problemas relacionados com o SPI definido no EVM tradicional. Os problemas e soluções alternativas são ilustradas por exemplos que nos ajudam a entender os problemas que podemos enfrentar na implementação do EVM resultando em valores de SPI que não correspondem à realidade (Rodrigues, 2010).

3.1. Desafios

Segundo Hanna, há três tipos de desafios com os quais nos podemos deparar no desenvolvimento de projetos de *software*, desafios estes que serão apresentados seguidamente (Hanna, 2009).

3.1.1. Inovação e Protótipos

Pode haver a exploração de funcionalidades que nunca foram desenvolvidas ou que nunca foram postas em prática em nenhuma área, sendo em projetos de software um desafio comum.

A exploração de novas funcionalidades e estruturas afeta a precisão de estimativas de custo e planeamento devido à grande incerteza associada, e os *designs* necessários à implementação das funcionalidades são imprecisos. Os processos de inovação são por vezes construídos a partir de diferentes peças fundamentais de *software*, podendo resultar numa implementação tardia de protótipos. Quando se decide construir protótipos existe uma grande dependência das capacidades, experiência e número da equipa, bem como da complexidade envolvida nestes protótipos, o que influencia a variação maior ou menor das estimativas. Grandes incertezas podem resultar em problemas de custo e planeamento, criando a necessidade de calcular as iterações de protótipo necessárias e o esforço que cada uma necessitará.

Quando protótipos ou inovações falham no encontro a expectativas, traduz-se em trabalho não planeado e se não houver forma de o *Planned Value* explicar tal imprevisto poderá resultar em resultados negativos dos índices de desempenho SPI e CPI e, neste caso, o cálculo do BAC do projeto e das estimativas de datas de conclusão não serão estáveis, tendo como resultado respostas de EVM sem sentido.

3.1.2. Descoberta de Defeitos e Resolução

Todo o *software* tem defeitos e no processo de desenvolvimento de lançamentos futuros, tem que se proceder à resolução dos defeitos encontrados, tratando-se também este processo de um desafio na utilização do EVM neste tipo de projetos.

Os defeitos podem ser detetados em diferentes áreas de desenvolvimento, mudando o efeito da sua resolução das diferentes fases. No geral há três fases onde os defeitos podem ser identificados, nas operações, teste do sistema e no desenvolvimento. Os defeitos de operações, descobertos pelo utilizador final depois da entrega, são os mais caros e acompanhados de maior risco. No caso de defeitos de teste do sistema, descobertos na fase de validação do *software*, não são tão caros e são ainda mais fáceis de resolver. Os defeitos de desenvolvimento, descobertos ao longo do processo de desenvolvimento de novas funcionalidades, representam o menor impacto. O número de defeitos

encontrados nestas fases poderá apresentar várias variações de acordo com a estabilidade do processo de desenvolvimento.

Tanto a natureza como a complexidade dos defeitos são difíceis de prever, o que resulta numa grande quantidade de volatilidade e atrasos sem progressos positivos, que por sua vez dá lugar a índices de desempenho em queda. Com isto a capacidade de prever, com precisão, é reduzida. Melhorias nos processos, novos processos e mudanças de ferramentas, por exemplo, podem afetar a densidade dos defeitos e esta densidade mesmo que tenha sido prevista, pode não o ter sido com precisão e poderá ainda ocorrer em fases do processo não planeados.

3.1.3. Alterações de Arquitetura

No início do processo de desenvolvimento do *software* há a necessidade de tomar decisões de arquitetura. Estas decisões podem ser postas em questão à medida que o tempo passa e se apreende maior conhecimento da área do negócio e das funcionalidades que vão ser entregues.

À medida que se ganha conhecimento relativamente à implementação de funcionalidades e de requisitos com maior risco no início do projeto, a arquitetura adequada poderá não ser clara, havendo necessidade de mudanças de arquitetura no decorrer do tempo, resultando novamente em trabalho não planeado. Em caso de mudanças significativas, os efeitos poder-se-ão alastrar a muitos outros módulos e componentes e estes por sua vez, poderão necessitar de quantidades diferentes de trabalho não planeado. Para além disto a quantidade de alterações necessárias em cada componente poderá ser de difícil previsão.

Este trabalho não planeado irá ser traduzido num *Planned Value* sem progresso ou mesmo negativo, por um longo período. Muitos pacotes de *software* do EVM não permitem um progresso negativo e caso os gestores decidam replanear, resulta numa perda de informação acumulada para o cálculo do EAC e ETC. As mudanças de arquitetura podem trazer ainda mais defeitos ao *software* e atrasos longos sem apresentação de progresso, o que resulta num *earned value* constante e por sua vez tendências de SPI e CPI decrescentes.

3.2. Soluções

Como soluções para as dificuldades apresentadas na implementação do EVM em projetos de *software*, são descritas seguidamente medidas que podem ser tomadas para contornar os desafios apresentados (Hanna, 2009).

3.2.1. Medição da Volatilidade através de Métricas

As abordagens EVM mostram limitações quando são aplicadas em meios que detêm um alto nível de volatilidade, que podem afetar as métricas usadas na medição dos índices chave de EV, CPI e SPI. As medidas utilizadas e a volatilidade do projeto necessitam ser cuidadosamente avaliadas para poder garantir que o valor das métricas recolhidas e comunicadas, refletem rigorosamente o projeto e seu progresso.

As medidas do EVM são, por natureza, cumulativas, implicando vários períodos de medição para estabilizar as medições e melhorar a sua precisão. Isto torna-se possível quando o projeto atinge um estado de equilíbrio e está estável, no caso de ainda não estar em estado de equilíbrio as medidas vão falhar na comunicação do progresso real.

3.2.2. Definição de Tarefas

Em projetos de *software*, para que se possa determinar o progresso do trabalho de forma mais precisa com o *Earned Value*, utiliza-se um conjunto de orientações/diretrizes para definir a duração da tarefa. No caso de uma tarefa ser extremamente longa, a monitorização dessa tarefa torna-se bastante imprecisa. Por outro lado, caso seja uma tarefa muito curta, a sua monitorização agrava-se, não ilustrando o trabalho realizado. É necessária a implementação de diretrizes para a duração de tarefas, para um uso bem-sucedido do método EVM em projetos de *software*.

Soluções

- Análise PERT

Utilizado na descoberta de incerteza e para a definição do valor nominal da probabilidade de distribuição do número de horas para completar uma dada tarefa. Com esta análise é possível estimar o tempo de cada tarefa para o melhor cenário, o pior e o mais provável.

- Intervalos de Confiança

O planeamento de tarefas não deve ser feito com valores nominais e caso sejam utilizados, significa que existe 50% de probabilidade de não completar a tarefa no tempo previsto. Em projetos de *software* um intervalo de confiança comum é na ordem dos 80%, desta forma deve-se entrar em acordo com as partes e acertar a tolerância ao risco (Hanna, 2009).

- Tarefas de Curta Duração

Ao manter a duração de tarefas planeadas curtas, minimiza-se erros de planeamento, e permitindo localizá-los mais facilmente. Caso as durações sejam calculadas com intervalos de confiança de 80%, assegura-se que a incerteza de um esforço específico é tido em conta, conduzindo a uma estabilidade do planeamento facilitadora também dos processos de EVM.

3.2.3. Técnicas de Planeamento

A fluidez com que as tarefas se iniciam ou são pausadas, num projeto de *software*, pode-se revelar bastante frustrante para um analista de planeamento tradicionalmente educado em técnicas de EVM. O desejo de ligar todas as tarefas de baixo nível a cada pacote de trabalho pode resultar em medições imprecisas.

Soluções

- Carregamento de recursos

Todas as tarefas devem ser associadas a recursos. Em caso de projetos de *software*, a maioria das entregas tem custos de horas laborais, associados ao desenvolvimento. Se às tarefas não forem associados recursos, muito dificilmente se poderá garantir uma estimativa razoável da data de conclusão. Poderão ainda existir tarefas, associadas a estes projetos, que serão apropriadas a certos membros da equipa, podendo gerar limitações que podem atrasar o projeto.

- *Milestones* Ponderados

Um conjunto efetivo de *milestones* ponderados passa por atribuir 25% para iniciar a tarefa, 50% assim que seja feito um progresso significativo e demonstrativo do entendimento das dificuldades envolvidas na tarefa, 75% aquando o primeiro relatório de conclusão e, finalmente os 100% quando a tarefa está definitivamente concluída.

- Técnica *Task Queuing*

As visões tradicionais mostram que quando é feita a ligação das tarefas à estimativa de duração do projeto, todas as tarefas necessitam ter predecessores e antecessores no nível mais baixo, de

forma a assegurar o uso efetivo do EVM. No entanto, esta visão não espelha como o trabalho é feito em projetos de *software*.

A técnica de *task queuing* cria um conjunto de tarefas coletivamente exaustivas, mutuamente exclusivas, baseadas em recursos específicos a elas alocados.

3.2.4. Estrutura da Conta de Custos

Haverá sempre a necessidade de voltar a fazer algum trabalho na fase de desenvolvimento e caso este seja monitorizado em contas de custo utilizadas para supervisionar o desenvolvimento de funcionalidades, a incerteza do esforço de reparação diminui a capacidade de monitorização do progresso ao longo do projeto. Com recurso à separação de resolução de defeitos num nível de contas de custo de esforço, pode-se remover a volatilidade na monitorização do desenvolvimento de esforço, permitindo assim alguma flexibilidade para abordar pequenas mudanças na arquitetura.

Soluções

- WBS Baseada em Entregas

A WBS deverá ser baseada nas entregas de forma a ficar alinhada com a estrutura dos pacotes de trabalho das contas de custo, pois neste tipo de projetos, das entregas podem constar lançamentos individuais dependentes do progresso do trabalho. A WBS estar alinhada com as entregas permite que as contas de custo estejam também alinhadas, tornando-se assim numa boa base para o processo EVM

- Reparação e Manutenção

A separação dos custos de reparação e manutenção na WBS e subsequentemente nas contas de custo, possibilita a separação entre influências no progresso do projeto, causadas pela reparação de defeitos, e influências advindas de estimativas débeis de tarefas. Isto torna-se muito útil na descoberta das causas de atrasos nos projetos.

- Gestão

A separação dos custos associados de gestão da tarefa é outra técnica que assegura a precisão das medidas de progresso. Pode-se criar e monitorizar uma conta de custos de gestão no sistema EVM e assim, as despesas regulares associadas à gestão não iludirão o crescimento de custo ligado ao desenvolvimento de código.

3.2.5. Abordagem de Implementação Incremental

Uma abordagem incremental poderá ajudar na redução da quantidade de incerteza durante a implementação de funcionalidades num projeto de TI. O princípio fundamental é o de que nas fases intermédias de desenvolvimento do produto, este deve ser funcional. Pondo este princípio em prática, há a redução da volatilidade ao garantir que as dependências de arquitetura não são tão profundas que não possam ser resolvidas até ao fim do projeto.

Soluções

- Tarefas de Alto Risco

Quando existem tarefas que podem sofrer agravamento de custos, atrasos no planeamento ou mesmo necessitarem de ser canceladas, devem ser especificamente abordadas no planeamento. Incluir estas tarefas de alto risco o mais cedo possível no planeamento, permite que caso o risco se verifique, este possa ser resolvido mais facilmente.

- Tarefas de Alto Valor

São aquelas que entregam um grande valor ao cliente e desta forma, uma abordagem incremental garante que cada entrega ao cliente é acompanhada de algum valor. Com este tipo de abordagem é fundamental planear a funcionalidade de maior valor para o cliente nos estados iniciais do projeto, para que cada entrega incremental transfira valor ao cliente.

3.2.6. Identificação de Viés e Cálculo

Quando inicia um projeto, as primeiras estimativas dos índices de desempenho e progresso serão de menor precisão. Com a recolha sucessiva de dados, as imprecisões vão-se corrigindo, resultando numa melhor visualização do projeto e de como continuará a progredir.

Soluções

- Viés de Estimativa

Normalmente os profissionais de desenvolvimento reúnem as estimativas das tarefas planeadas e cada indivíduo poderá ter diferentes orientações no fornecimento das estimativas, otimistas ou pessimistas, em vários níveis e ao longo do tempo. Esta é a viés estimativa que cada um adiciona ao processo.

- Viés Financeiros

Existem muitos viés sistemáticos no sistema financeiro, em muitos casos devido à confidencialidade. No caso de as despesas efetivas parecerem desalinhadas com os valores de horas gastas em certas tarefas, e se for um problema de viés financeiro, a identificação dessas diferenças poderá resultar em estimativas futuras com maior precisão.

3.2.7. Medidas de Volatilidade dos Componentes

No caso de projetos de *software*, podem em várias ocasiões ao longo do tempo ocorrer novos lançamentos, contando que os diferentes componentes nestes mesmos lançamentos podem ser entregues em diferentes estados de volatilidade de arquitetura. Medir qualitativamente a volatilidade de cada componente, é uma técnica que poderá ajudar na estimativa das tarefas. Um componente que esteja já finalizado, por exemplo, em funcionamento e não necessite sofrer mais alterações, pode qualitativamente ser considerado de baixa volatilidade. Por outro lado, se tiver muitas dependências de outros componentes, necessidade de funcionalidades futuras a adicionar e não estando ainda operacional, nesse caso a sua volatilidade será alta. De forma a identificar estas volatilidades dos componentes de *software* pode-se recorrer a diagramas funcionais ou de componentes do sistema.

3.3. O problema com o indicador SPI

O principal problema com este indicador é perceptível, não apenas quando o EVM é aplicado ao nível do projeto, mas também quando aplicado ao subnível de pacotes de trabalho. Neste subnível, os pacotes de trabalho são geralmente completados antes do planeado ou após a data de conclusão, tendo ainda outras situações como, o trabalho ter início antes do planeado. Nestes casos, o SPI pode apresentar valores que parecem não ter correspondência com a realidade. Rodrigues (2010) apresenta-nos alguns casos enunciados seguidamente.

3.3.1. O problema de acabar mais tarde

Quando se atinge a data de conclusão da base de referência e o trabalho não está completamente finalizado, há uma extensão para além da data definida na base de referência continuando o valor de SPI a ser calculado. O valor de SPI tenderá a flutuar em direção ao 1 à medida que o trabalho se aproxima da conclusão tardia, onde o planeado seria o projeto estar concluído por exemplo em 10 meses, no entanto são necessários 12,6 meses para dar por finalizado todo o projeto. Este

acontecimento deve-se ao facto de à medida que o trabalho continua a ser realizado, para além da data da base de referência, o valor do EV (volume de trabalho realizado) continua a aumentar enquanto o valor de PV (volume de trabalho planeado) continua constante quando atingiu o seu máximo na data da base de referência.

O problema é o seguinte: O SPI irá produzir valores de desempenho indicativos de um desempenho de tempo cada vez melhor, muito para além da realidade.

3.3.2. O problema de acabar mais cedo

Caso o trabalho seja executado antes do planeado, o desempenho do tempo deveria ser superior a 1,00, o trabalho foi realizado a uma taxa temporal superior à planeada.

Neste momento o valor de SPI será igual a 1, $EV = PV = \text{Trabalho total (orçamento de base de referência)}$. Resumidamente, desde o período entre a conclusão atual à data de conclusão da base de referência, o valor do SPI irá se dirigir para o valor 1. Mesmo não sendo um problema para todo o projeto (o desempenho não é mais medido após a conclusão do projeto), é um problema no que diz respeito aos pacotes de trabalho individuais, ou fases do projeto. O problema torna-se um pouco maior visto que para o desempenho final do projeto o valor final do SPI não é totalmente correto.

3.3.3. Trabalho iniciou antes do planeado

No caso de o trabalho começar antes do planeado, o EV produzirá um valor igual à quantidade de trabalho realizado num período de tempo que não tinha trabalho a ser realizado. Assim, neste período, o PV terá o valor de 0 uma vez que não era suposto estar a ser feito trabalho. Os resultados relativos de desempenho serão os seguintes:

$$SV = EV - PV = EV$$

Produzirá um valor positivo respeitante à quantidade de trabalho realizado antes do planeado.

$$SPI = EV / PV = EV / 0$$

Nenhum valor pode ser produzido pelo que isto é indeterminado. Num período de tempo onde não há trabalho planeado a ser realizado, o desempenho real não pode ser comparado contra uma base de referência.

3.4. Abordagens alternativas

O autor Rodrigues (2010), referencia duas abordagens alternativas de forma a contornar o problema detetado com o SPI. As duas abordagens alternativas são as seguintes:

- *Earned Schedule*
- SPI modificado

3.4.1. Abordagem Earned Schedule

Com base no conceito de *Earned Schedule*, foi desenvolvida uma abordagem alternativa dentro do EVM de forma a ser possível medir o desempenho do tempo. Esta abordagem faz a conversão do PV e EV em eixos temporais:

- PV é convertido em AT (*Actual time*) - este é o tempo planeado a ter decorrido no projeto até à data, ou em alternativa o tempo consumido no projeto.
- EV é convertido em ES (*Earned schedule*) - isto é, o tempo que deveria ter decorrido tendo em conta o trabalho real realizado.

Comparando a diferença entre o ES (tempo alocado no plano para o trabalho realizado) e o AT (tempo realmente consumido, alocado para o trabalho planeado até à data), a variação poderá ser calculada chamada de *Time Variance* (TV) = ES - AT

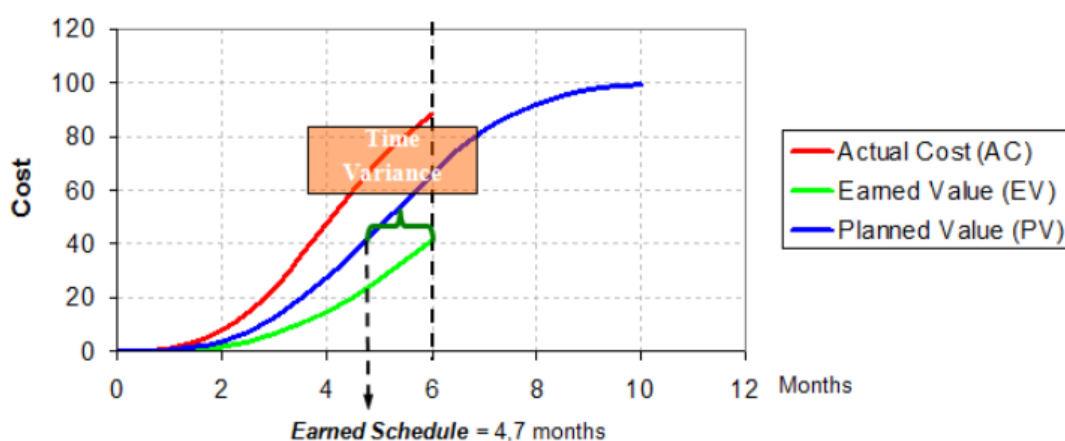


Figura 9 – *Earned Shedule* (Rodrigues 2010)

No exemplo, passaram 6 meses até à data (AT) e cerca de 65 unidades de trabalho deveriam ter sido executados (PV). Na realidade apenas foram realizadas 40 unidades de trabalho (EV). Em

comparação com o plano, esta quantidade de trabalho realizado foi feita ao mês 4.7 (sendo este o valor de ES), ou seja, foram necessários 6 meses para completar trabalho que deveria ter sido feito em 4.7 meses. Verifica-se assim que há um atraso de 1.3 meses em relação ao plano - esta é a variação do tempo.

O cálculo da variação do tempo desta forma é referido em 1990 numa publicação de John Nicholas (1990), e onde o conceito de ES é também introduzido, mas com um nome diferente.

Nos últimos anos foi dedicado muito tempo ao estudo das métricas de EVM baseadas nesta abordagem, que sugere as seguintes métricas alternativas calculadas no eixo temporal contra o eixo do volume de trabalho (orçamento):

- $SV(t) = ES - AT$ Conceito de variação de tempo no livro de Nicholas (1990)
- $SPI(t) = ES / AT$

Com esta abordagem há a grande vantagem de ser possível resolver os problemas de flutuação do SPI, sendo que após a data de conclusão, o desempenho continua a ser medido de forma consistente. Há ainda a sugestão de que indicadores com base no ES podem apresentar melhores valores de previsão relativos à data futura de conclusão do trabalho.

Com base no exemplo anterior, a imagem seguinte retrata o comportamento do SPI. O valor final é consistente com o resultado final, sendo que inicialmente o projeto foi planeado para 10 meses e completado em 12.5 e assim sendo em média cada mês foi executado 80% do trabalho planeado ($10 / 12.5 = 0.8$) resultando em mais tempo necessário para a finalização do projeto.

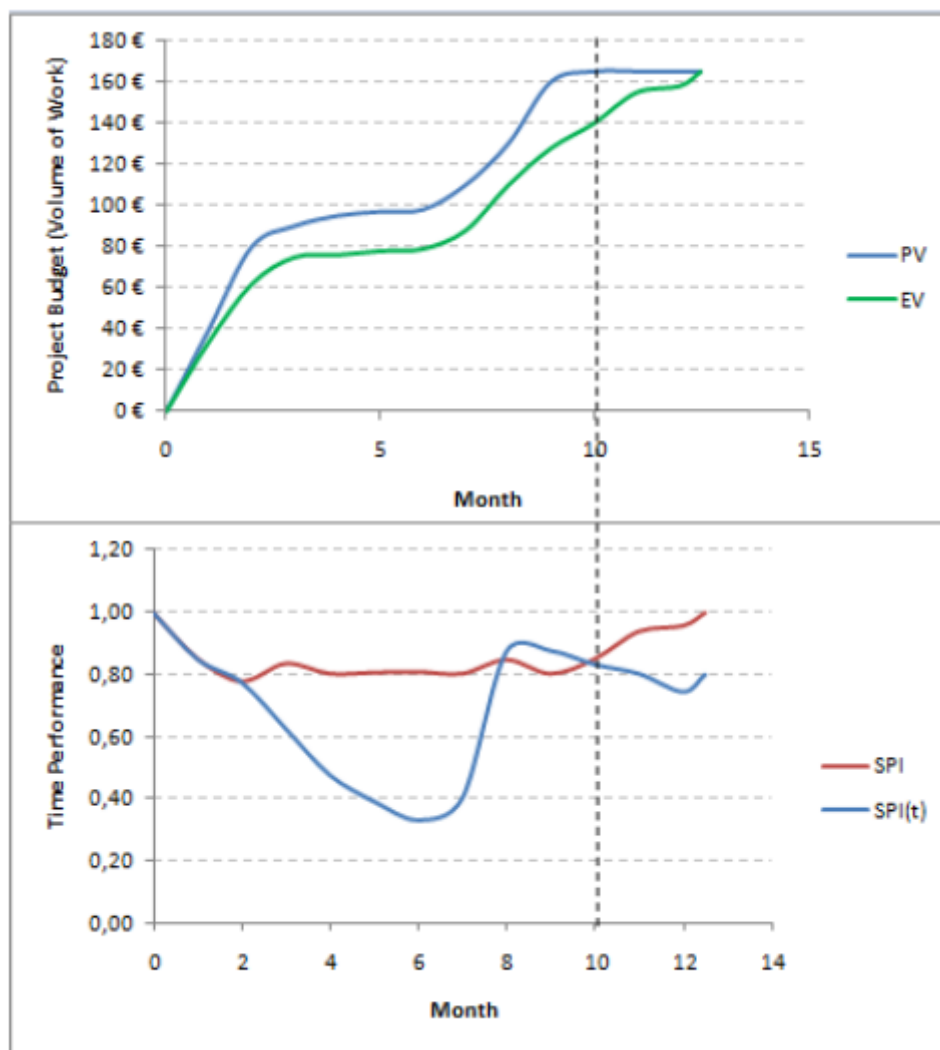


Figura 10 – Comparação entre SPI e SPI(t) no mês 10 (Rodrigues, 2010).

Desta forma o comportamento do SPI é mais consistente no período de conclusão tardia do que o SPI (t), no entanto o padrão de variação deste indicador parece ser mais sensível a períodos de tempo onde a taxa de trabalho é planeada para ser baixa.

Nos casos em que se acaba antes, esta forma de calcular o SPI apresenta também um comportamento consistente e ainda corrige o valor de SPI final, embora possa parecer que apresenta o mesmo valor. No mês 8.33, aquando da finalização do trabalho, verifica-se o seguinte cenário:

- PV = 140;
- EV = 165;
- $SPI = 140 / 165 = 1.18$;

- $SPI(t) = 10 / 8.33 = 1,2$.

Podemos verificar a diferença de valores entre o SPI normal e o SPI (t), que como foi anteriormente visto, quando se termina mais cedo do que o planeado o valor do SPI convencional poderá não ser correto, como é o caso representado neste exemplo. O desempenho final do tempo está 20% acima do desempenho planeado (10 meses de trabalho realizados em 8.33 meses).

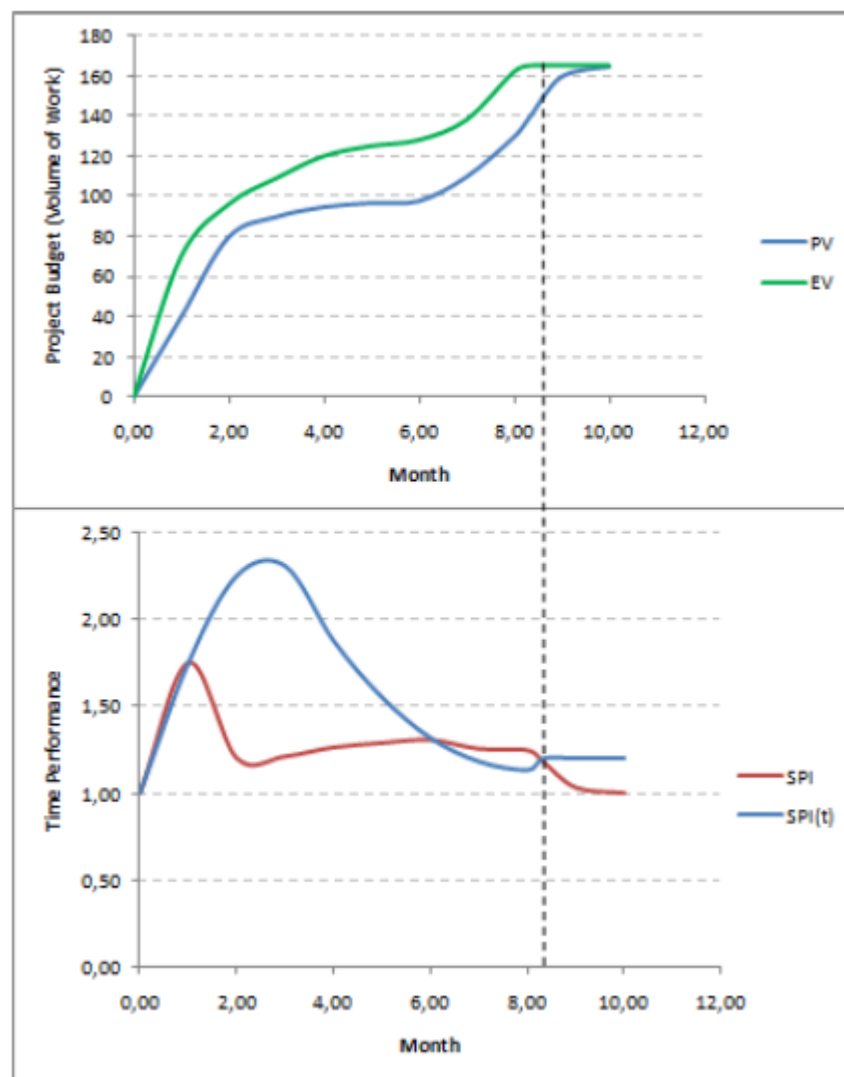


Figura 11 – SPI e SPI(t) – Terminar antes do Planeado (Rodrigues, 2010).

A abordagem ES parece resolver o problema do SPI normal, no entanto com ele surgem dois problemas:

1) Muito sensível a períodos de tempo em que a taxa de trabalho planeado é lenta.

Exemplo:

- Duração planeada do projeto = 10 meses
- Trabalho planeado (PV) ao 3º mês = 100€
- Trabalho planeado (PV) ao 5º mês = 105€
- Tempo atual (*Actual Time* (AT)) = 5 meses
- Valor ganho (*Earned Value* (EV)) = 100€
- Planeamento ganho (*Earned Schedule* (ES)) = 3 meses (tempo onde PV = EV atual)
- SV (t) = -2 meses
- SV = -5€
- SPI (t) = ES / AT = 3 / 5 = 0.6 x 100% = 60%
- SPI = EV / PV = 100 / 105 = 0.95 X 100% = 95%

O valor de SPI (t) indica um nível de desempenho muito baixo de 60% quando na realidade apenas foram produzidos menos 5% do que o planeado para a data atual (100 unidades de trabalho realizadas, contra 105 planeadas).

2) Há uma alteração no significado fundamental do desempenho do tempo, passando o foco de "quanto trabalho está atrás / à frente do planeado" para "quanto tempo está o projeto atrás / à frente do planeado". Recorrendo ao exemplo anterior, verifica-se um atraso de 2 meses, mas qual é o significado desta medida? Significa que as 100 unidades de trabalho realizadas até à data deveriam ter sido alcançadas há 2 meses, tendo em conta o planeamento. Isto é equivalente a um cenário em que o trabalho planeado para os últimos 2 meses não foi realizado. Sendo isto verdadeiro, a quantidade de trabalho planeada para esses 2 meses seria de 5€, que representa menos de 5% do trabalho planeado (5 / 105). Tendo isto em conta, o atraso de 2 meses representa um pequeno volume de trabalho, provavelmente fácil de recuperar. A variação do tempo no decorrer do projeto poderá não ter tanto significado quanto a variação do volume no que diz respeito à avaliação do tamanho real de um problema de desempenho do planeamento. Na medição do desempenho do planeamento, um mérito reconhecido do EVM reside no foco sobre o volume de trabalho atrasado, o que na prática se traduz no tamanho real do problema num projeto atrasado: quanto trabalho extra é necessário alocar no tempo futuro restante, de forma a completar o trabalho dentro do planeado? A quantidade de trabalho em atraso é a resposta (SV). Estando o foco no volume de trabalho, o SPI

normal tem mérito sobre a abordagem ES, focando-se mais na causa do atraso em oposição ao atraso em si.

Rodrigues (2010) desenvolveu ainda outra alternativa para o cálculo do SPI que resolve os problemas de acabar antes ou depois do planeado, preservando o foco inicial do desempenho do tempo no volume de trabalho à frente ou atrás do plano.

3.4.2. Abordagem SPI modificado

Após vários anos de experiência na implementação do EVM no terreno numa grande variedade de projetos e ambientes surge esta abordagem. Foi ainda resultado de uma pesquisa académica, conduzida pelo autor durante vários anos na área de gestão de projetos com recurso a modelos computacionais de simulação (Systems Dynamics Modeling) (Rodrigues, 2001).

Com base nas leis da física surge esta nova versão do SPI, o SPI modificado, onde o desempenho do tempo se relaciona com o conceito de velocidade:

- Velocidade (física) = distância (km) / tempo (horas)
- Velocidade (projeto) = unidades de trabalho realizadas / tempo decorrido
- SPI (desempenho do tempo) = Velocidade atual / Velocidade planeada (SPI modificado) onde:

- Velocidade atual = trabalho efetivamente realizado (EV) / tempo decorrido
- Velocidade planeada = trabalho planeado a ser realizado (PV) / tempo decorrido

consequentemente:

- $SPI(\text{modificado}) = (EV / \text{tempo decorrido}) / (PV / \text{tempo decorrido})$

E assim,

- $SPI(m) = EV / PV = SPI(\text{tradicional})$

Inspirada na física (onde a distância = trabalho realizado) leva-nos à fórmula tradicional do SPI, o que há então de novo? Primeiramente indica que o SPI baseado no volume é consistente com os princípios de desempenho do tempo em física.

A velocidade de trabalho realizado deverá ser igual ao trabalho realizado até à data dividido pelo tempo decorrido. O desempenho do tempo medido, em termos relativos, deverá ser o rácio entre a velocidade atual e a velocidade planeada. Considerando novamente o exemplo:

- Orçamento do projeto = 1000€
- Data de Conclusão da base de referência = 5 meses;
- Tempo agora = 4 meses;
- PV (trabalho planeado) = 700€ (700 unidades de trabalho);
- EV (trabalho realmente realizado) = 500€ (500 unidades de trabalho);
- Velocidade Planeada = $PV / 4 \text{ meses} = 700€ / 4 \text{ meses} = 175 \text{ unidades de trabalho / mês}$
- Velocidade Atual = $EV / 4 \text{ meses} = 125 \text{ unidades de trabalho / mês}$
- SPI M = $\text{Velocidade atual} / \text{Velocidade planeada} = 125 / 175 = 0.71 \times 100\% = 71\%$
- $SPI = EV / PV = 500 / 700 = 0.71 \times 100\% = 71\%$

Este trabalho está a ser executado a um ritmo que é 71% do ritmo de trabalho planeado.

Esta fórmula parece produzir os mesmos resultados do SPI normal, no entanto nos casos em que termina antes ou depois do planeado o comportamento demonstrado é diferente.

Acabar mais tarde

Com o exemplo anterior:

- Orçamento do projeto = 1000€
- Data de Conclusão da base de referência = 5 meses;
- Tempo agora = 10 meses;
- PV (trabalho planeado) = 1000€ (1000 unidades de trabalho);
- EV (trabalho realmente realizado) = 950€ (950 unidades de trabalho);
- Velocidade Planeada = $PV / 5 \text{ meses} = 1000€ / 5 \text{ meses} = 200€ / \text{mês}$
- Velocidade Atual = $EV / 10 \text{ meses} = 950€ / 10 \text{ meses} = 95€ / \text{mês}$
- SPI M = $\text{Velocidade atual} / \text{Velocidade planeada} = 95€ / 200€ = 0.475 \times 100\% = 47,5\%$
- $SPI = EV / PV = 950 / 1000 = 0.95 \times 100\% = 95\%$

O SPI Modificado ilustra um desempenho do tempo de 47.5% enquanto o SPI normal ilustra um desempenho de 95%. Este exemplo revela a causa da inconsistência com o SPI normal quando se acaba depois do planeamento: quando se prolonga o tempo para além da data de conclusão da base de referência, o denominador para a velocidade atual e velocidade planeada não é mais o

mesmo e assim o rácio das taxas de trabalho planeado e atual não pode ser calculado como o rácio EV / PV .

Posto isto e numa situação em que a conclusão é após o planeado, chegamos a uma fórmula que relaciona o SPI modificado com o SPI normal:

- $SPI\ M = SPI \times (\text{duração planeada} / \text{tempo decorrido})$ onde:
- Fator de correção = duração planeada / tempo decorrido
- Quando $EV = PV$ (todo o trabalho feito e data de conclusão decorrido)
- $SPI\ M = \text{Duração planeada} / \text{tempo decorrido}$

O SPI modificado tem um comportamento como o SPI normal até à data de conclusão da base de referência e após essa data não flutua para o valor 1 apresentado um comportamento consistente.

Observa-se ainda que durante o período planeado o SPI M mostra-se robusto em cenários onde a intensidade de trabalho é baixa, contrariamente ao SPI(t) baseado no ES.

No período de desenvolvimento do projeto, o SPI M parece comportar-se de forma mais estável e consistente, mais próximo do valor real final do que o SPI(t) que parece ser mais sensível e instável, o que poderá ter um impacto significativo na qualidade destes indicadores na previsão da data final de conclusão durante a execução do projeto.

O SPI M contém uma perspetiva centrada no volume de trabalho realizado, sendo esta de maior significado do que a perspetiva centrada no tempo. Por comparação das leis da física, considere-se o exemplo de duas corridas, uma de Fórmula1 contra uma de bicicletas. Terão 5 segundos o mesmo significado nas duas corridas? A resposta é não, pois numa corrida de Fórmula1 5 segundos representam uma distância significativa e de difícil recuperação, e no caso de uma corrida de bicicletas 5 segundos poderão ser insignificantes uma vez que representa uma curta distância entre concorrentes. Seguindo esta linha de pensamento, também num projeto, um atraso de um mês poderá ter menos significado do que um atraso de uma semana em termos de quantidade de trabalho restante necessário a ser recuperado no tempo disponível.

Acabar antes

Considerando o exemplo anterior:

- Orçamento do Projeto = 1000€
- Data de conclusão da base de referência = 5 meses
- Tempo agora = 4 meses
- PV (trabalho planeado) = 700€ (700 unidades de trabalho)
- EV (trabalho realmente realizado) = 1000€ (1000 unidades de trabalho)
- Velocidade Planeada = $1000€ / 5\text{meses} = 200€ / \text{mês}$
- Velocidade Real = $1000€ / 4\text{meses} = 250€ / \text{mês}$
- $SPI\ M = (250€ / \text{mês}) / (200€ / \text{mês}) = 1.25 \times 100\% = 125\%$
- $SPI = EV / PV = 1000 / 700 = 1.43 \times 100\% = 143\%$

Uma vez mais o SPI M fornece um desempenho de tempo diferente do SPI convencional, sendo de salientar que quando se termina o trabalho antes, a velocidade planeada não deverá ser calculada através de PV / Tempo Decorrido, mas antes deverá ser calculado pelo BAC (Budget At Completion) / Duração Planeada (todo o trabalho dividido pela duração planeada). Assim quando compara a velocidade atual contra a planeada, estamos a comparar contra 1000 unidades de trabalho em 5 meses (200€ / mês) e não contra 700 unidades de trabalho em 4 meses - na realidade se congelássemos o valor do SPI normal, depois de realizado o trabalho de todo o projeto, concluiríamos incorretamente um desempenho final do tempo de 143%. Este seria também o resultado do SPI modificado se não olhássemos para o projeto todo depois de o trabalho estar concluído.

As conclusões são semelhantes aos casos de acabar depois do planeado, onde se pode verificar que o SPI M não irá flutuar para o valor 1 nem irá facultar um valor final incorreto como aconteceria com o SPI normal se congelássemos o seu valor onde o projeto foi concluído.

4. Enquadramento Tecnológico

O enquadramento tecnológico tem o propósito de facultar informação referente a tecnologias associadas à implementação do método EVM.

Segundo a *Pinnacle*, especialistas em gestão empresarial, a seleção das ferramentas de EVM na maioria das organizações é feita com base na necessidade de satisfazer requisitos contratuais de agências federais para o EVM, enquanto outras se posicionam de forma a se deslocarem para um nível superior de contratos de agências federais, desejando um posicionamento mais forte para respostas a pedidos de propostas com requisitos EVMS. Há ainda outras organizações que selecionam ferramentas de EVM com o intuito de melhorar as capacidades de gestão dos projetos.

Todas estas organizações irão ter o benefício de um processo estruturado ao selecionar as suas ferramentas de EVMS. Após a compra das ferramentas é levada a cabo uma abordagem de implementação de software orientada a TI, e depois de algum tempo, a comunidade de utilizadores conclui que os produtos não estão de acordo os requisitos.

O primeiro passo na seleção de uma ferramenta de EVM deverá passar pelo entendimento dos conceitos de *Earned Value* e das diretrizes de avaliação de impacto ambiental (EIA *guidelines*) para o EVMS. Seguidamente é necessário perceber as necessidades da comunidade de utilizadores, para finalmente se dar início ao processo de seleção de ferramentas de EVM (Pinnacle, 2016).

4.1. Componentes de *Software* Típicos do EVMS

- Planeamento EVM;
- Custo EVM;
- Relatórios EVM;
- EVM Combinadas;
- Integração do sistema de contabilidade.

Muitos destes componentes já existem nas organizações, geralmente sistemas de contabilidade. As ferramentas de planeamento são aquelas que normalmente também já existem nas organizações, normalmente o Microsoft Project, Project Server ou Primavera.

4.1.1. Ferramentas de Planejamento EVM

Tendo em conta a revisão da *Pinnacle* em mais de quarenta (40) gestão de projetos / ferramentas de planeamento, seguem-se as ferramentas mais utilizadas em sistemas de EVM (Pinnacle, 2016):

- Microsoft Project / Project Server
- Primavera P6
- Deltek Open Plan

4.1.2. Ferramentas de Custo EVM

Segundo a mesma empresa de especialistas, *Pinnacle* (2016), as três (3) ferramentas que se seguem, são as líderes de mercado. A sua escolha deve ser feita dependendo das capacidades existentes de EVM e gestão de projetos, das infraestruturas e dos objetivos presentes e futuros de EVM.

- EVMS forProject
- Deltek Cobra
- EcoSys EPC

4.1.3. Ferramentas de Relatórios EVM

A ferramenta dominante no mercado é a *Wlnsight*, sendo ela utilizada por muitas agências federais na interpretação de dados EVM de fornecedores e pela DCMA (Defense Contract Management Agency, agência de gestão de contratos de defesa, tratando-se de uma realidade no EUA), o grupo que revê e valida o departamento de defesa, entre outras agências fornecedoras.

A seleção da ferramenta *Wlnsight* destina-se a organizações que querem ir para além dos relatórios normais produzidos em ferramentas de custos, ou distribuir relatórios de *Earned Value* e capacidades de análise pela organização.

- Deltek Wlnsight
- EcoSys EPC
- DecisionEdge

4.1.4. Ferramentas de EVM Combinadas

Existem no mercado algumas ferramentas que combinam o planejamento, custo e produção de relatórios num único produto, sendo que, segundo a *Pinnacle*, das três ferramentas que se seguem, as duas primeiras têm maior relevância no mercado (Pinnacle, 2016).

- Unanet;
- Safran;
- Dekke Trakker

4.1.5. Ferramentas de EVM Integradas

Muitas das ferramentas anteriormente mencionadas possuem capacidades de integração e estas capacidades foram utilizadas com sucesso pela *Pinnacle* em diversas implementações.

Eles usaram ainda outras ferramentas de EV na ajuda da integração, como exemplo, a utilização de produtos forProject para apoiar a integração entre ferramentas de custos (Cobra e MPM) e o Project da Microsoft, com novamente o forProject, para integrar ferramentas de estimativa (ProPricer) num sistema EVM.

4.1.6. Considerações de Integração EVM

Existem algumas considerações de integração que devem ser tidas em conta na seleção das ferramentas, muitas delas relacionadas com ferramentas de custos. É fundamental que haja o entendimento das necessidades de integração antes de selecionar as ferramentas e para entender as necessidades de integração é preciso olhar para as capacidades das ferramentas de custos e ainda para um número de outros componentes EVM, incluindo a integração com:

- Ferramentas de Planejamento
- Sistemas Financeiros/ERP (Enterprise Resource Planning)
- Manufatura/Sistemas MRP (Material Requirements Planning)
- Ferramentas de Estimativa

4.2. Ferramentas Utilizadas

Para o desenvolvimento desta dissertação as ferramentas utilizadas foram as seguintes:

- *Microsoft Project 2016*

Utilizado para o planeamento do trabalho, onde estão distribuídos os prazos, custos e recursos associados aos pacotes de trabalho, constituintes do âmbito da *Inception*. Para além de ser a ferramenta de planeamento, é também a ferramenta utilizada para análise ao desempenho do projeto.

A escolha desta ferramenta deve-se ao facto de ser de acesso gratuito pela Universidade do Minho e poder ser utilizada para a inserção de custos, prazos e o âmbito do projeto num único local.

- *Microsoft Word*

Esta ferramenta foi utilizada para a redação do relatório de dissertação.

- *StarUML*

O *StarUML* foi utilizado para a execução do fluxograma relativo ao método EVM a implementar.

Para além destas ferramentas, mas de forma muito pouco significativa, foi ainda utilizado o *TeamWork*, de onde foram extraídos alguns dados relativos ao trabalho realmente executado, bem como os seus prazos reais.

5. Implementação do Método EVM

O estudo da implementação do método EVM em projetos de *software* será feito em contexto académico, daí o projeto selecionado para esta análise surgir neste ambiente, na disciplina de Desenvolvimento de Aplicações Informática (DAI), lecionada no segundo ano, segundo semestre e inserida no Mestrado integrado em Engenharia e Gestão de Sistemas de Informação na Universidade do Minho em Azurém.

O projeto selecionado foi o da equipa DAInnovation (nome de uma das equipas da disciplina de DAI no ano letivo 2015/2016, da qual foi selecionado o relatório para a implementação do método) e a razão desta escolha reside no facto de o relatório estar muito completo e bastante detalhado, revelando-se fundamental na recolha dos dados necessários à elaboração da análise com a aplicação do método. Verifica-se, contudo, alguma informação em falta devido à elaboração da implementação deste método não ter ocorrido a par do desenvolvimento do projeto, e assim não foram recolhidas todas as informações que deveriam, como por exemplo, horas exatas de atrasos nos pacotes de trabalho e de recursos específicos.

A análise debruçou-se numa das partes do projeto total, a *Inception*, constituída pelos momentos de avaliação 1 e 2, fundamentalmente com o objetivo de testar o SPI Modificado em comparação com o SPI Normal e interpretação destes resultados face à realidade. O objetivo é poder assim utilizar o método com resultados válidos na investigação do desempenho do projeto num dado momento, em termos de variações de desempenho dos prazos, sendo que este é um problema do EVM tradicional.

Para a implementação do método será seguido o fluxo apresentado no *Practice Standard for EVM 2nd Edition*, com adição do SPI Modificado que será o foco de análise. De seguida (figura 11) é apresentada a minha proposta de implementação do método EVM.

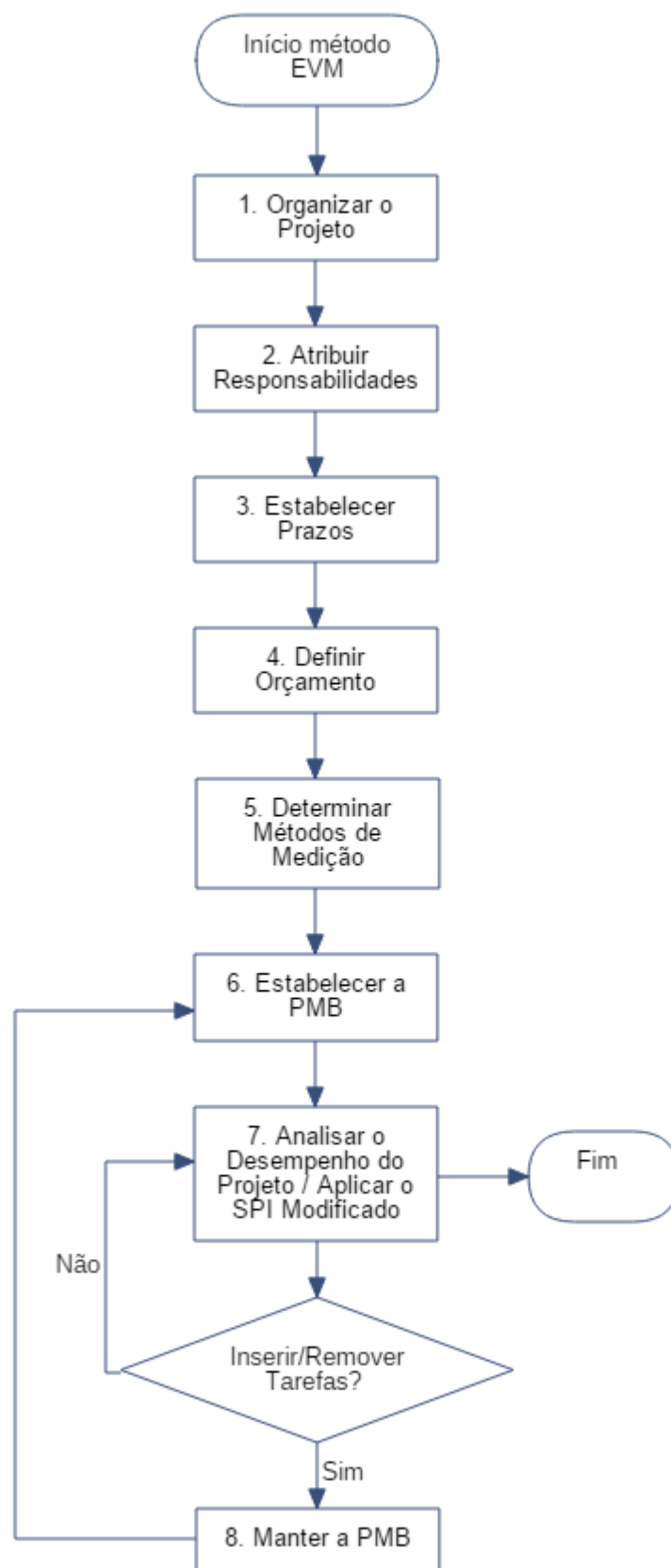


Figura 12 – Fluxograma do Método s-EVM com SPI Modificado

A escolha desta abordagem para um projeto de *software* foi feita devido a duas razões fundamentais. A primeira razão é por existirem várias publicações de Fleming & Koppelman e do PMI referentes a um EVM fácil de seguir e de possível implementação em qualquer tipo de projeto e complexidade, sendo que apresentam uma maturidade e disseminação importantes.

A segunda razão para seguir este referencial segue o pensamento de que, antes de se avançar para outras implementações de EVM, como por exemplo AgileEVM, é necessário testar efetivamente se ao seguir este fluxo relativamente simplificado é possível obter resultados que correspondem à realidade, para poder calcular previsões e estimativas exatas. Com dados rigorosos, torna-se extremamente útil a informação resultante para a tomada de decisão de correção ou de mitigação.

Apresenta-se em seguida uma descrição detalhada das atividades propostas no *framework* s-EVM (Simple EVM), da figura 11.

1. Organizar o Projeto

É o processo de desenvolvimento de descrição detalhada do projeto e dos produtos, subdividindo as entregas do projeto numa hierarquia de pacotes de trabalho.

Desta fase são esperados os seguintes *outputs*:

- Plano de gestão de âmbito
- Gestão do âmbito do projeto
- WBS
- Base de referência do âmbito

2. Atribuir Responsabilidades

Este processo é caracterizado por nomear, designar e documentar a pessoa responsável por conduzir um determinado trabalho, sendo este um processo iterativo. A estrutura organizacional inicial é integrada com a WBS e conforme necessárias, são feitas alterações e ajustes tendo em vista o alcance de uma estrutura organizacional estável.

Desta fase são esperados os seguintes *outputs*:

- OBS
- RAM

3. Estabelecer Prazos

Trata-se do processo de tradução dos elementos da WBS num modelo sequencial e faseado no tempo, para a execução do projeto.

Desta fase são esperados os seguintes *outputs*:

- Planeamento mestre integrado

4. Definir Orçamento

É definido pelo processo de transformar os requisitos e restrições externos, como disponibilidade dos recursos, estimativas de custos e limitações de prazos, em orçamentos de custos, os quais suportam a execução planeada do projeto.

Desta fase são esperados os seguintes *outputs*:

- Orçamento do projeto
- Requisitos de financiamento

5. Determinar Métodos de Medição

É feita a seleção dos métodos de medição mais adequados para a avaliação do progresso de cada pacote de trabalho. Na fase de planeamento o gestor de contas e de projeto determinam uma abordagem para medição da concretização do âmbito, para cada elemento da WBS.

Desta fase são esperados os seguintes *outputs*:

- Métodos de medição de desempenho
- Atualizações do plano de contas de controlo

6. Estabelecer a PMB

Este processo é marcado pela definição de uma base de referência do projeto, que integra as bases de referência de custos, prazos e âmbito, a partir da qual é feita a gestão e monitorização do desempenho do projeto ao longo da sua execução.

A *Performance Measurement Baseline* (PMB) é a base para o controlo do projeto devendo modelar com a maior precisão possível como o trabalho e orçamento do projeto correspondente é planeado a ser executado e ganho no decorrer do tempo. Uma PMB de baixa qualidade resultará em valores de indicadores de desempenho sem nenhuma relação útil com o estado do projeto na realidade e com as causas da variação do desempenho.

Desta fase são esperados os seguintes *outputs*:

- PMB
- Atualizações de requisitos de financiamento do projeto
- Atualizações de documentos do projeto
- Decisões de contrato revistas

7. Analisar o Desempenho do Projeto / Aplicar o SPI Modificado (Periodicamente)

Trata-se do processo de comparação dos custos do projeto e desempenho dos prazos atuais, face à PMB, tendo como objetivo analisar o estado atual do projeto. O propósito fundamental do EVM é o de fornecer à gestão um entendimento completo e rigoroso dos custos do projeto e do desempenho dos prazos, e ainda facultar uma previsão rigorosa de um estado final para cada. Este conhecimento é necessário na tomada de boas decisões durante a análise do projeto, na exploração de oportunidades e na minimização de variações indesejadas. Esta análise e ainda outro propósito do EVM passa por fornecer informação antecipada de custos finais esperados e conclusão do planeamento, sendo assim esta análise é também uma previsão do desempenho futuro do projeto. De forma a obter resultados de desempenho de prazos, que traduzam a realidade, é aplicado o SPI Modificado e este valor é comparativamente analisado com o SPI normal.

Desta fase são esperados os seguintes *outputs*:

- Métodos de medição de desempenho com o SPI Modificado
- Previsões de financiamento e tendências
- Ações de prevenção e correção

Inserir/Remover Tarefas

Caso não se verifique a inserção ou remoção de tarefas a análise será feita periodicamente até o âmbito do projeto ser completado, sendo assim o último processo a executar é o de Analisar o Desempenho do Projeto / Aplicar o SPI Modificado. Se por outro lado houver a inserção ou remoção de tarefas, segue-se para o processo seguinte, de manter a PMB e depois desta ser atualizada volta a ser feito o processo 7.

8. Manter a PMB

É o processo de gestão de mudanças ao âmbito do projeto e manutenção da integridade da PMB.

As mudanças nos projetos são inevitáveis e é de esperar que se verifique uma evolução dos requisitos (resultando em adição/remoção de tarefas), bem como da PMB, especialmente em projetos complexos. Existem assim regras estabelecidas no contexto de EVM para lidar com as mudanças da PMB propostas no PMI (2011) que serão explicadas na secção 5.8.

Desta fase são esperados os seguintes *outputs*:

- Atualizações da PMB
- Atualizações do plano de gestão do projeto

- Atualizações do estado de pedidos de alterações

No decorrer da validação não foi possível comprovar todos os resultados acima referidos pois a aplicação do método foi feita com a informação disponibilizada e documentada pela equipa DAInnovation. Idealmente num acompanhamento em tempo real e num ambiente empresarial (trabalho futuro) obter-se-iam os resultados acima mencionados.

Apresenta-se nas próximas secções o trabalho realizado para validação do referencial s-EVM.

5.1. A Equipa DAInnovation

Da equipa DAInnovation fazem parte 12 elementos que serão os recursos disponíveis à elaboração das tarefas necessárias para satisfazer com sucesso os requisitos do projeto para o cliente. Na tabela, estão descritos os nomes dos membros da equipa, bem como os respetivos cargos.

Tabela 5 - Membros e Respetivos Cargos DAInnovation

Membros DAInnovation	Cargo
Fernando Magalhães	Gestor de Projeto
Olivério Sousa	Arquiteto de <i>Software</i> / Coordenador de Desenvolvimento
Mariana Alves	Chefe da equipa de Analistas
Joana Carvalho	Analista
Maria Costa	Analista
André Pinto	Gestor de Qualidade
João Lopes	Gestor de Infraestruturas
Miguel Costa	Programador de Base de Dados
Afonso Costa	Programador Web
João Cunha	Programador Web
Pedro Conde	Programador Java
Cláudio Gonçalves	Programador Java

Embora cada membro tenha um cargo definido, eles não estão incumbidos apenas dos cargos que lhes dizem respeito, podendo também exercer outras funções caso seja necessário, ou ajudar outros membros da equipa no geral.

5.2. A solução DAInnovation

A equipa DAInnovation, realizou durante o 2º semestre de 2015/2016 o desenvolvimento de uma aplicação informática para um escritório de advocacia, cujo nome do cliente é “Lex-Guima”. A finalidade do projeto destinou-se a fazer um sistema informático que controlasse, da melhor forma possível, a gestão de processos de insolvência, com os objetivos de minimizar o uso do papel, simplificar os processos e diminuir a burocracia (DAInnovation, 2016).

A equipa adotou o RUP (*Rational Unified Process*) para o desenvolvimento do projeto. Nele estão reunidos artefactos e técnicas a serem seguidos, tendo em vista uma maior produtividade no decorrer do desenvolvimento. O RUP divide-se em quatro fases, nomeadamente, *Inception*, *Elaboration*, *Construction* e *Transition* e neste projeto foram seguidas as três primeiras fases, sendo que a fase de *Transition* não foi realizada uma vez que implicaria assegurar a confidencialidade dos dados do *software*, fazer a entrega, acompanhar e manter o *software* de forma contínua.

O desenvolvimento do projeto dividiu-se em cinco momentos compostos pelos seguintes artefactos:

- **Momento 1 (26-02-2016)**

Plano de Iteração, Plano de Desenvolvimento de *Software* e Lista de Riscos.

- **Momento 2 (18-03-2016)**

Lista de Problemas, Avaliação da Iteração, Plano de Medidas, Registo de Revisão, Avaliação do Estado, Ordem de Trabalho, Avaliação da Iteração, Visão, Modelo de Negócio, Processo de Desenvolvimento, Glossário, Modelo de Casos de Uso, Modelo de Domínio e Protótipos.

- **Momento 3 (06-05-2016)**

Documento de Arquitetura de *Software*, Modelo de Conceção, Modelo de Dados, Modelo de Implementação, Especificações Suplementares, Conjunto de Testes, Arquitetura de Automatização de Teste e Material de Suporte ao Utilizador.

- **Momento 4**

Avaliação Individual

- **Momento 5 (19-06-2016)**

Sistema Informático, Plano de Implementação, Plano de Gestão de Fornecedor, Agregação de Componentes e Entrega, Preparação de Integração do Produto, Auditoria da Configuração, Solicitação de Alterações, Sistema de Implementação, Conjunto de Testes, Sumário de Avaliação de Teste, Lista de Ideias de Teste, Material de Apoio ao Utilizador e Controlo de Qualidade.

5.3. O orçamento

A duração total do projeto foi de 18 semanas e foram planeadas 14 horas de trabalho por semana para cada elemento (correspondente a 10 ECTS), resultando num total de 252 horas por pessoa (252h/pessoa) durante todo o desenvolvimento do projeto e 3024 horas no conjunto dos elementos (252h/pessoa x 12 elementos = 3024 horas). Para a execução do projeto de dissertação, foi avaliada apenas a parte referente à *Inception*, e o tempo planeado para esta fase foi de 272 horas 38 minutos, ao longo de 4 semanas (DAInnovation, 2016).

Sendo este projeto concebido em âmbito académico, não houve a definição de um orçamento monetário, no entanto, de forma a facilitar a implementação do método, defini que todos os membros da equipa ganham 10€ por hora, facultando assim um orçamento monetário fictício para possibilitar a análise e interpretação dos custos do projeto. Se ocorrerem atrasos, estes serão calculados com a mesma taxa, de 10€ por hora.

5.4. A WBS e o Planeamento Gantt

Seguidamente é apresentada a WBS relativa a uma das fases do RUP que será implementada no decorrer do desenvolvimento do projeto, a *Inception* e o respetivo planeamento *Gantt* definido pela equipa DAIInnovation. Estes dados são fundamentais para a posterior implementação do método EVM.

5.4.1. WBS Inception

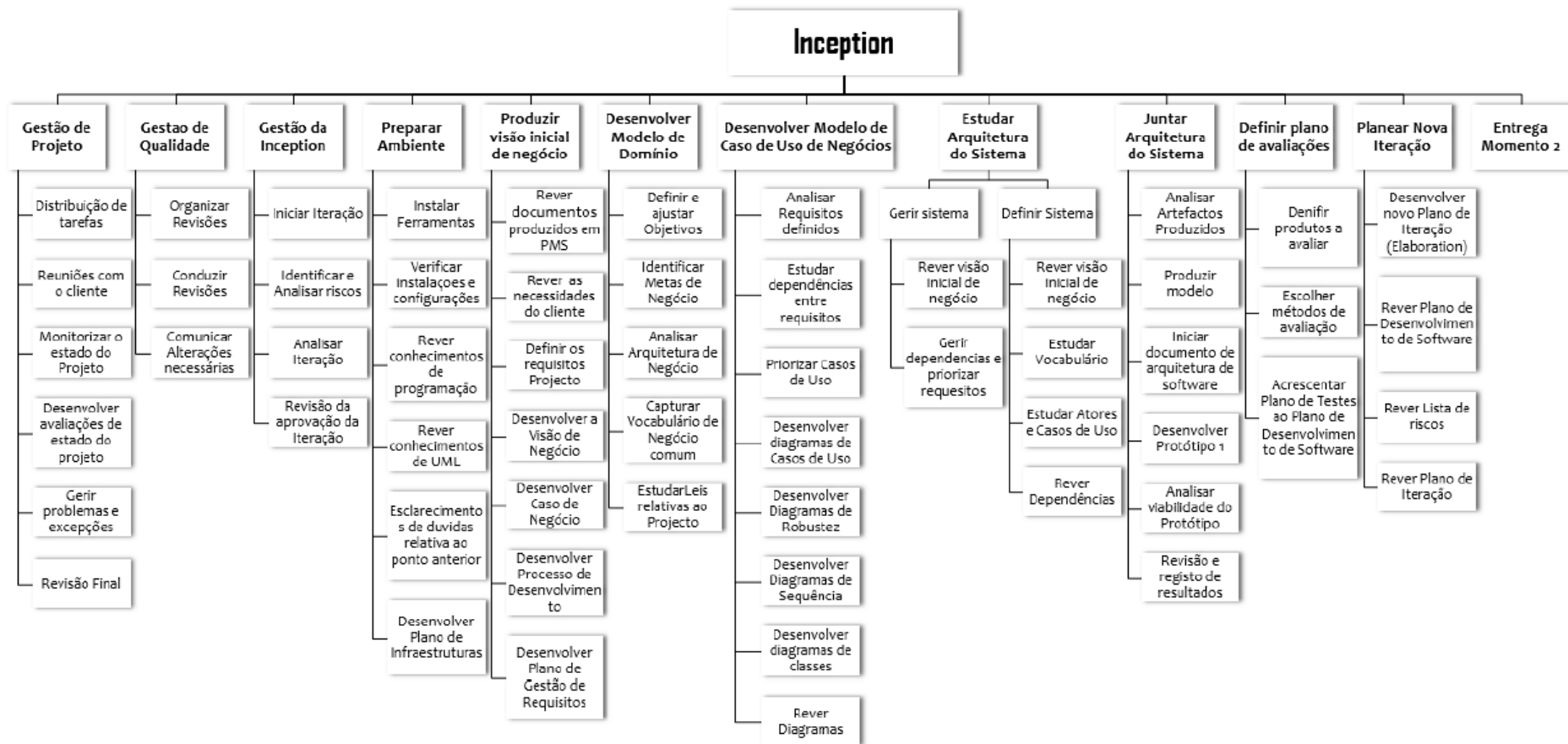


Figura 13 - WBS referente à Inception (DAInnovation, 2016)

5.4.2. Planeamento Gantt da *Inception*

Este planeamento é o que diz respeito à primeira fase do RUP, e será onde iremos aplicar o método EVM. Este planeamento é correspondente a uma parte do projeto total, sendo que o projeto é bastante grande, devido também ao número de elementos a análise será apenas feita na parte da *Inception*.

	Nome da Tarefa	Início	Conclusão	Duração da Linha Base	% Física Concluída	Valor Planeado - PV (P.C.M.C.)
1	▲ Inception	Qui 18-02-16	Sex 18-03-16	42 dias?	0%	3.577,43 €
2	▲ Gestao de Projecto	Qui 18-02-16	Sex 18-03-16	42 dias	0%	113,54 €
3	Distribuição de Tarefas	Qui 18-02-16	Seg 22-02-16	3 h	0%	20,00 €
4	Reunies com o Cliente	Sáb 20-02-16	Sáb 20-02-16	1,2 h	0%	41,50 €
5	Monitorizar o Estado do Projecto	Qua 09-03-16	Sex 18-03-16	12 dias	0%	15,95 €
6	Desenvolver avaliações do estado do Projecto	Qua 09-03-16	Qui 17-03-16	14,5 dias	0%	15,95 €
7	Gerir problemas e excepções	Qui 10-03-16	Sex 18-03-16	12,5 dias	0%	16,47 €
8	Revisao Final	Sex 18-03-16	Sex 18-03-16	1 dia	0%	3,67 €
9	▷ Gestao de Qualidade	Seg 29-02-16	Qua 16-03-16	38 dias	0%	450,24 €
13	▷ Gestao Inception	Seg 29-02-16	Sex 18-03-16	29 dias	0%	118,66 €
18	▷ Preparar Ambiente	Seg 29-02-16	Sex 18-03-16	42 dias?	0%	762,14 €
25	▷ Produzir visao inicial de negocio	Qui 25-02-16	Qui 17-03-16	27 dias	0%	798,13 €
33	▷ Desenvolver Modelo de Dominio	Qua 09-03-16	Seg 14-03-16	11 dias	0%	175,72 €
39	▷ Desenvolver Modelo de Casos de Uso de Negocio	Qua 09-03-16	Ter 15-03-16	8,1 dias	0%	219,85 €
48	▷ Estudar Arquitetura do Sistema	Seg 29-02-16	Sex 18-03-16	41,33 dias	0%	88,00 €
57	▷ Juntar Arquitetura do Sistema	Seg 29-02-16	Sex 11-03-16	31,48 dias	0%	753,83 €
64	▷ Definir Plano de Avaliações	Seg 29-02-16	Qua 16-03-16	38 dias	0%	19,64 €
68	▷ Planear Iteração	Sex 04-03-16	Sex 18-03-16	21,5 dias?	0%	77,68 €

Figura 14 - Planeamento Gantt Inception da equipa DAInnovation

Este planeamento (figura 13) é o que diz respeito ao *Planned Value* e aqui estão contidas as datas e o tempo planeados para a execução do trabalho, assim como os recursos associados ao desenvolvimento do projeto, sendo que esta será a referência para a PMB. Adicionalmente para a implementação do método foram atribuídos custos às horas de trabalho.

5.5. Métodos de Medição

Para medição do EV (*earned value*) foi utilizada a medição física, inserida no esforço discreto. A medição de EV é feita nas opções avançadas do *Microsoft Project* e podemos ver a sua seleção na figura 14.

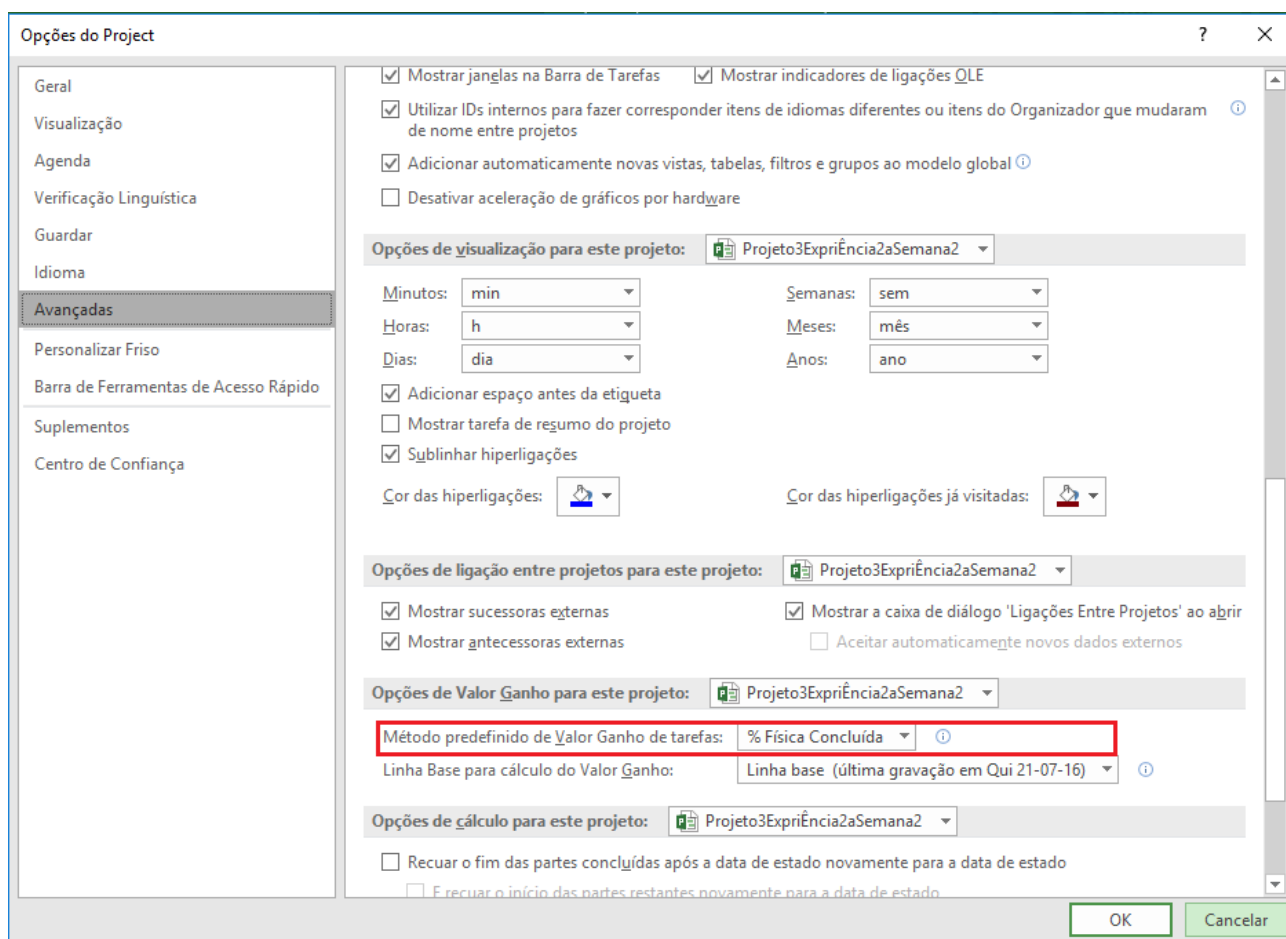


Figura 15 - Seleção do método de EV no Microsoft Project

No retângulo vermelho está evidenciada a seleção do método de medição de EV para as tarefas que fazem parte do âmbito da *Inception*.

A % Física Concluída é referente a um valor de percentagem concluída. Pode ser utilizada para o cálculo do custo orçamentado do trabalho realizado e pode ainda ser chamada de % Concluída do Valor Ganho (Project, 2016).

Neste caso, todas as tarefas serão medidas da mesma forma, uma vez que não existem dados suficientes para definir métodos diferentes para os diferentes pacotes de trabalho. Idealmente, aquando do planeamento do projeto, deveriam ser pensadas e tomadas decisões relativamente ao

esforço implicado em cada pacote de trabalho e a melhor forma de se medir o trabalho efetivamente realizado, face à PMB.

Neste caso todas as tarefas e pacotes de trabalho seguem o mesmo método de medição de EV, mas num desenvolvimento da implementação do método EVM, acompanhado em tempo real e contexto real, as medições poderiam ser diferentes consoante as diferentes tarefas, considerando os diferentes *outputs* dos pacotes de trabalho.

5.6. A Performance Measurement Baseline (PMB)

Depois de organizado o projeto, da distribuição de responsabilidades, definição do plano e do seu respetivo orçamento e por fim, seleção do método para medir o valor ganho (EV), estão reunidos os dados fundamentais para o estabelecimento da PMB (figura 13). Utilizando esta base de referência será feita a medição do desempenho do projeto.

5.7. Análise do Desempenho do Projeto com o SPI Modificado

A implementação do método foi realizada num subprojeto do projeto total. Existem análises relativas ao EVM que são executadas segundo todos os seus resultados disponíveis, nomeadamente, os elementos básicos do EVM - PV, EV e AC, as variações (CV e SV), os índices (CPI e SPI) e por fim as previsões (EAC, BAC, VAC).

Neste estudo em particular, a análise está orientada para os índices de desempenho de custos (CPI) e ainda com mais detalhe nos índices de desempenho de prazos (SPI) devido aos resultados destes serem sempre iguais a 1 quer a tarefa termine antes, ou depois do definido no planeamento. Tendo em conta esta problemática, a análise debruça-se sobre estes valores que serão comparados com os valores do SPI Modificado, valores estes que serão analisados com o intuito de saber se estes refletem efetivamente os prazos realmente praticados e se assim podem ser tomadas decisões com base em informação verdadeira de desempenho de prazos.

Para implementar o SPI M foi utilizada a seguinte fórmula (figura 15) no *Project*:

Fórmula para 'Número3'

Editar fórmula

Número3 =

=If([Duração Real]>[Duração Estimada da Linha Base]) Or ([% Física Concluída]/100=1);([Duração Estimada da Linha Base]/[Duração Real])*SPI;SPI)

Barra de ferramentas: +, -, *, /, &, MOD, \, ^, (,), =, <>, <, >, AND, OR, NOT

Inserir: Campo Função Importar Fórmula...

Ajuda OK Cancelar

Figura 16 - Fórmula SPI Modificado

Esta fórmula verifica se a duração real é maior do que a duração planeada. Caso esta condição se verifique ou caso a % Física Concluída / 100 = 1, ou seja, a tarefa foi concluída, o SPI Modificado será calculado pela (Duração Estimada da Linha de Base / Duração Real) x SPI.

5.7.1. A Primeira Análise

A primeira análise é relativa à primeira semana de início a 18/02/2016 e fim a 26/02/2016. Nesta primeira semana são poucas as tarefas a realizar ainda.

Tabela 6 - Aplicação do SPI M primeira semana

	Nome da Tarefa	Duração Restante	Trabalho Restante	% Física Concluída	% Trabalho Concluído	% Trabalho Concluído	Valor Planeado - PV (BCWS)	Valor Ganho - EV (BCWP)	AC (ACWP)	SPI	Indicador SPI	SPI Modificado	Indicador SPI Modificado	SV	CPI	Indicador CPI	CV
1	Inception	40,57 dias?	214,97 h	8%	4%	3%	656,62 €	268,58 €	75,00 €	0,41	—	0,41	—	-388,04 €	3,58	+	193,58 €
2	Gestão de Projecto	38,18 dias	3,02 h	54%	67%	9%	61,50 €	61,50 €	75,00 €	1	□	1	□	0,00 €	0,82	—	-13,50 €
3	Distribuição de Tarefas	0 h	0 h	100%	100%	100%	20,00 €	20,00 €	35,00 €	1	□	0,5	—	0,00 €	0,57	—	-15,00 €
4	Reunies com o Cliente	0 h	0 h	100%	100%	100%	41,50 €	41,50 €	40,00 €	1	□	0,6	—	0,00 €	1,04	+	1,50 €
5	Monitorizar o Estado do Projecto	12 dias	0,87 h	0%	0%	0%	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0		0		0,00 €	0		0,00 €
6	Desenvolver avaliações do estado do Projecto	14,5 dias	0,87 h	0%	0%	0%	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0		0		0,00 €	0		0,00 €
7	Gerir problemas e excepções	12,5 dias	1,08 h	0%	0%	0%	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0		0		0,00 €	0		0,00 €
8	Revisão Final	1 dia	0,2 h	0%	0%	0%	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0		0		0,00 €	0		0,00 €

Nesta primeira semana, aferimos resultados de SPI de valor igual a 1, indicativos de um desempenho de prazos conforme o planeado, no entanto os valores de SPI M ilustraram outra realidade. Ao analisar os valores de SPI M, inferiores a 1, concluímos que afinal o trabalho não correu

conforme os prazos planeados, o que corresponde ao que aconteceu na realidade, ou seja, verificou-se um atraso que o SPI Normal não ilustra.

Os valores de $CPI < 1$ representam custos superiores ao que foram inicialmente planeados para aquelas tarefas, no entanto, os valores de CPI de todo o projeto mostram um desempenho de custos abaixo do definido no orçamento de referência.

ESTADO DE CUSTOS

Estado de custos de tarefas de nível de topo.

Nome	Custo Real	Custo Restante	Custo do Plano Base	Custo	Desvio de Custos
Inception	118,54 €	3.304,41 €	3.577,43 €	3.422,95 €	-154,48 €

Figura 17 Estado de Custos primeira análise

O estado de custos ilustra um desvio 154,48€, resultando assim num custo do projeto inferior ao que foi inicialmente planeado. Enquanto o orçamento do plano base tem um valor de 3 577,43€, segundo o desempenho de custos conferido na primeira semana e se o projeto continuar com este desempenho, o custo será inferior, passando para 3 422,95€.

5.7.2. A Segunda Análise

A segunda análise decorreu de 26/02/2016 a 04/03/2016, sendo que nesta fase o trabalho real não correu conforme o planeado, tanto em prazos, como em custos. Esta avaliação tem como data de estado o dia 04/03/2016, sendo estes valores relativos à avaliação nessa data. Nesta fase de desenvolvimento da *Inception* verificaram-se bastantes variações face ao que estava inicialmente previsto.

Estas variações podem ser atribuídas também à falta de experiência por parte da equipa de desenvolvimento, uma vez que é um projeto em ambiente académico e há prazos que não foram pensados e estabelecidos próximos da realidade.

Tabela 7 - Aplicação do SPI M segunda semana

	Nome da Tarefa	Custo	% Física Concluída	Valor Planeado - PV (BCWS)	Valor Ganho - EV (BCWI)	AC (ACWP)	Duração Real	Duração da Linha	SPI	Indicador SPI	SPI Modif	Indicador SPI Modif	SV	CPI	Indicador CPI	CV
13	↳ Gestao Inception	312,16 €	64%	75,83 €	75,83 €	269,33 €	22,56 dias	29 dias	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	0,00 €	0,28	—	-193,50 €
14	Iniciar iteração	216,00 €	100%	38,50 €	38,50 €	216,00 €	9 dias	2 dias	1	<input type="checkbox"/>	0,22	—	0,00 €	0,18	—	-177,50 €
15	Identificar e analisar riscos do projecto	53,33 €	100%	37,33 €	37,33 €	53,33 €	1,5 dias	1,5 dias	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	0,00 €	0,7	—	-16,00 €
16	Analisar iteração	37,33 €	0%	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0 dias	2 dias	0		0		0,00 €	0		0,00 €
17	Revisao da Aprovação da Iteração	5,50 €	0%	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0 dias	1 dia	0		0		0,00 €	0		0,00 €

Fazendo a análise a estes dados podemos concluir:

- Pacote de trabalho Gestão Inception, resulta num CPI < 1,00 e num SPI M = 1,00 o que significa que o trabalho pertencente a este pacote está a ser executado acima do orçamento e dentro do prazo planeado. O resultado do SPI M = 1,00 mesmo tendo uma tarefa, a 14, um valor de SPI M < 1,00, acontece porque o atraso no prazo desta tarefa não tem influência na data de conclusão do respetivo pacote de trabalho.
- Na tarefa 14 observam-se valores distintos nos dois indicadores, enquanto o SPI apresenta um valor igual a 1, do qual se poderia concluir que o trabalho foi executado conforme o prazo previsto, no valor de SPI Modificado temos um resultado de 0,22, indicativo de um atraso face ao prazo planeado, que foi o que efetivamente aconteceu. A duração da linha de base era de dois dias, quando na realidade foram necessários 9 dias para concluir a tarefa. Verificámos ainda um índice de desempenho de custos de 0,18 (CPI), pois foram gastos mais 177,50€ para a execução desta tarefa do que o orçamentado.
- Na tarefa 15 o valor de SPI e SPI M indica que esta foi concluída conforme o prazo previsto, que foi o que ocorreu na realidade e o CPI < 1,00 ilustra um desempenho de custos superior ao planeado, com um excedente de 16€.

Na tabela abaixo, podemos ver ainda mais resultados distintos de SPI e SPI Modificado relativos ao desempenho dos prazos e custos praticados até este momento de avaliação.

Tabela 8 - Aplicação do SPI M segunda semana continuação

	Nome da Tarefa	Custo	% Física	Valor Planeado - PV (BCWS)	Valor Ganho - EV (BCWP)	AC (ACWP)	Duração Real	Duração da Linha Base	SPI	Índic. SPI	SPI Modifi	Indic. SPI Modifi	SV	CPI	Indicador CPI	CV
57	▲ Juntar Arquitetura do Sistema	809,74 €	53%	753,83 €	397,41 €	434,40 €	8,97 dias	31,48 dias	0,53	—	0,53	—	-356,42 €	0,91	—	-36,99 €
58	Analisar Artefactos	80,00 €	100%	30,00 €	30,00 €	80,00 €	4 dias	2 dias	1	□	0,5	—	0,00 €	0,38	—	-50,00 €
59	Produzir modelo	137,07 €	55%	143,16 €	78,74 €	75,33 €	8 dias	12 dias	0,55	—	0,55	—	-64,42 €	1,05	+	3,41 €
60	Iniciar documento de Arquitetura de Software	30,67 €	100%	18,67 €	18,67 €	30,67 €	4 dias	3 dias	1	□	0,75	—	0,00 €	0,61	—	-12,00 €
61	Desenvolver prototipo 1	540,00 €	50%	540,00 €	270,00 €	248,40 €	4,48 dias	15,48 dias	0,5	—	0,5	—	-270,00 €	1,09	+	21,60 €
62	Analisar visibilidade do prototipo	14,67 €	0%	14,67 €	0,00 €	0,00 €	0 dias	1 dia	0		0		-14,67 €	0		0,00 €
63	Revisao e registo de resultados	7,33 €	0%	7,33 €	0,00 €	0,00 €	0 dias	0,5 dias	0		0		-7,33 €	0		0,00 €

Podemos concluir assim:

- A tarefa 58 não foi executada conforme o planeado, tanto em custos como em prazos. O SPI apresenta um valor igual a 1, visto que a tarefa foi completada, no entanto, não ilustra o atraso que se verifica na duração real que a tarefa teve de 4 dias em vez de 2 como planeado inicialmente. O, SPI M tem um valor inferior a 1 e ilustrativo do atraso que ocorreu, resolvendo assim o problema de acabar mais tarde.
- Na tarefa 60 verifica-se uma situação similar à 58, os índices SPI M < 1,00 e CPI < 1,00 refletem um atraso relativamente aos prazos e um excedente de custos. Mais uma vez o SPI = 1,00 indica uma execução conforme os prazos planeados, que não se verificou visto o prazo real ter sido superior em 1 dia.
- A tarefa 59 ainda não está finalizada, com 55% física concluída detém um SPI e SPI M < 1,00 indicativo de um desempenho de tempo inferior ao planeado, neste caso os valores são iguais visto que ainda não se atingiu a data de conclusão planeada. Até à data de análise o CPI > 1,00 indica que o trabalho está a ser executado com custos ligeiramente inferiores aos planeados.
- A tarefa 61, reflete um melhor desempenho referente aos custos, no entanto a tarefa está a ser desenvolvida com um desempenho de tempo pior em comparação com o que deveria estar completado nesta data de análise.

Ainda nesta análise é possível saber, em termos monetários, o desvio de custos verificados até à data desta análise.

ESTADO DE CUSTOS

Estado de custos de tarefas de nível de topo.

Nome	Custo Real	Custo Restante	Custo do Plano Base	Custo	Desvio de Custos
Inception	2.575,23 €	1.421,21 €	3.577,43 €	3.996,44 €	419,01 €

Figura 18 - Estado de Custos segunda análise

Analisando o estado de custos, temos desvios de custos equivalentes a 419,01€. Neste caso os custos monetários, como já referido anteriormente, foram atribuídos de forma fictícia. Num caso real, já na segunda semana, seria possível verificar grandes desvios e com base nestes resultados, tomar desde cedo medidas com o intuito de minimizar riscos de incumprimento em relação ao planeado em termos de custos, prazos e âmbito do projeto.

5.7.3. A Terceira Análise

Esta terceira análise é relativa à semana de 04/03/2016 a 11/03/2016, sendo que a data de estado é a de 11/03/2016.

Tabela 9 - Aplicação do SPI M terceira semana

	Nome da Tarefa	Duração Restante	Trabalho Restante	% Física	Valor Planeado - PV	Valor Ganho - EV	AC (ACWI)	Duração Real	Duração da Linha	SPI	Indicador SPI	SPI Modificado	Indicador SPI Modificado	SV	CPI	Indicador CPI	CV
2	4 Gestao de Projecto	20,6 dias	1,18 h	71%	77,97 €	80,74 €	103,10 €	21,4 dias	42 dias	1,04	+	1,04	+	2,77 €	0,78	-	-22,36 €
3	Distribuição de Tarefas	0 h	0 h	100%	20,00 €	20,00 €	35,00 €	6 h	3 h	1	□	0,5	-	0,00 €	0,57	-	-15,00 €
4	Reunies com o Cliente	0 h	0 h	100%	41,50 €	41,50 €	40,00 €	2 h	1,2 h	1	□	0,6	-	0,00 €	1,04	+	1,50 €
5	Monitorizar o Estado do Projecto	2,2 dias	0,33 h	50%	6,45 €	7,98 €	9,54 €	2,5 dias	12 dias	1,24	+	1,24	+	1,53 €	0,84	+	-1,57 €
6	Desenvolver avaliações do estado do Projecto	2,83 dias	0,17 h	50%	4,95 €	7,98 €	11,42 €	4,5 dias	14,5 dias	1,61	+	1,61	+	3,03 €	0,7	-	-3,45 €
7	Gerir problemas e excepções	6 dias	0,48 h	20%	5,07 €	3,29 €	7,13 €	1,5 dias	12,5 dias	0,65	-	0,65	-	-1,78 €	0,46	-	-3,84 €
8	Revisao Final	1 dia	0,2 h	0%	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0 dias	1 dia	0		0		0,00 €	0		0,00 €
9	4 Gestao de Qualidade	2,74 dias	4,8 h	57%	375,57 €	258,49 €	444,67 €	23,26 dias	38 dias	0,69	-	0,69	-	-117,09 €	0,58	-	-186,19 €

Da tabela 9 podemos fazer a seguinte análise:

- Quando as tarefas ainda não estão terminadas, o SPI e o SPI M apresentam o mesmo valor, mostrando assim que no caso de a tarefa ainda não estar concluída o SPI normal se comporta da mesma forma que o modificado, como redigido anteriormente. Apenas nos

casos de a tarefa acabar mais tarde ou mais cedo é que se conseguem verificar as variações de desempenho de tempo que realmente ocorreram com recurso ao SPI Modificado.

Na tabela abaixo podemos analisar mais valores relativos a esta semana de avaliação, contendo esta parte mais informação, e tendo este sido o pacote de trabalho com mais variação face ao planeado.

Tabela 10 - Aplicação do SPI M terceira semana continuação

	Nome da Tarefa	% Física	Valor Planeado - PV (PCWP)	Valor Ganho - EV (PCWP)	AC (ACWI)	Duração Real	Duração da Linha Base	SPI	Indicador SPI	SPI Modific	Indicador SPI Modific	CPI	Indicador CPI
25	Produzir visão inicial de negocio	94%	715,69 €	747,21 €	618,35 €	12,06 dias	27 dias	1,04	+	1,04	+	1,21	+
26	Rever documentos Produzidos em PMS	100%	142,67 €	142,67 €	211,47 €	2 dias	1 dia	1	□	0,5	-	0,67	-
27	Rever necessidades do cliente	100%	246,49 €	246,49 €	109,82 €	3,19 dias	4 dias	1	□	1,25	+	2,24	+
28	Definir Requisitos Projecto	100%	302,05 €	302,05 €	227,06 €	3 dias	3,5 dias	1	□	1,17	+	1,33	+

As tarefas estão totalmente concluídas e delas podemos tirar as seguintes conclusões:

- As tarefas pertencentes ao pacote de trabalho “Produzir visão inicial de negócio” que foram concluídas, representada a sua conclusão com 100% física concluída, apresentam um SPI tradicional 1,00, não refletindo assim se a tarefa sofreu atrasos ou se foi cumprida com antecedência.

Por outro lado, com o SPI M podemos tirar conclusões diferentes como:

- A tarefa 26 foi executada com um prazo superior ao planeado, com duração de 1 dia a mais.
- A tarefa 27 foi completada num prazo inferior ao planeado, resultando num SPI > 1,00 (1,25). Em vez de a sua duração ter sido de 4 dias, na realidade foram necessários 3 dias para completar esta tarefa. Neste caso podemos verificar o problema que acontece quando se acaba mais cedo do que o previsto, enquanto o SPI normal apresenta um valor igual a 1,00 indicativo de uma execução conforme os prazos previstos, o SPI M ilustra o que realmente aconteceu, o prazo foi cumprido num menor espaço de tempo do que o previsto.
- A tarefa 28 resultou num desempenho de prazos também ligeiramente melhor que o planeado, ou seja, a tarefa foi terminada num prazo menor ao inicialmente planeado.

Relativamente ao CPI conclui-se que:

- As tarefas 27 e 28 foram completadas a um orçamento inferior face ao planeado.

- A tarefa 26 foi realizada com gastos acima do orçamento estabelecido que deu origem a um $CPI < 1,00$.

Na figura abaixo observámos os desvios de custos ocorridos até à terceira semana de execução.

ESTADO DE CUSTOS

Estado de custos de tarefas de nível de topo.

Nome	Custo Real	Custo Restante	Custo do Plano Base	Custo	Desvio de Custos
Inception	3.259,23 €	1.138,90 €	3.577,43 €	4.398,13 €	820,70 €

Figura 19 - Estado de Custos na terceira semana de análise

Verifica-se assim um custo acrescido de 820,70€ em comparação com o orçamento estabelecido implicando assim um custo total até à data e segundo este desvio de 4 389,13€ e não de 3 557,43€ como estava definido no planeamento inicial.

Uma vez mais, a equipa de desenvolvimento não tinha custos monetários associados ao projeto, mas por esta análise caso os tivesse, implicaria gastos significativos face ao planeado e estes apenas referentes à primeira fase de desenvolvimento do projeto, a *Inception*.

5.7.4. A Quarta Análise

Nesta quarta análise, sendo a última também deste estudo da implementação do SPI Modificado, verifica-se que na implementação do SPI normal, todas as tarefas com atraso ou sem atraso ou mesmo as concluídas com antecedência, no final do prazo estabelecido para a *Inception*, apresentam um valor igual a 1. Apesar de algumas tarefas terem sofrido desvios de custos e de prazos, no dia 18/03/2016 a equipa DAInnovation tinha completado todas as tarefas destinadas à entrega do momento 2.

Tabela 11 - Aplicação do SPI M quarta semana

	Nome da Tarefa	Duraç Restan	Trat Rest	% Física Concluiu	Valor Planeado - PV	Valor Ganho - EV	AC (ACWP)	Duraç da Linha	Duraç Real	SPI	Indicador SPI	SPI Modifi	Indicador SPI Modifica	SV	CPI	Indicador CPI	CV
18	Preparar Ambiente	0 dias?	0 h	100%	762,14 €	762,14 €	879,29 €	42 dias?	30 dias	1	<input type="checkbox"/>	1,4	+	0,00 €	0,87	—	-117,15 €
19	Instalar Ferramentas	0 dias?	0 h	100%	30,00 €	30,00 €	50,00 €	1,18 dias?	1,18 dias	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	0,00 €	0,6	—	-20,00 €
20	Verificar instalações e configurações	0 dias	0 h	100%	26,00 €	26,00 €	43,00 €	10 dias	6 dias	1	<input type="checkbox"/>	1,67	+	0,00 €	0,6	—	-17,00 €
21	Rever conhecimentos programação	0 dias	0 h	100%	450,00 €	450,00 €	530,00 €	7,5 dias	6 dias	1	<input type="checkbox"/>	1,25	+	0,00 €	0,85	—	-80,00 €
22	Rever conhecimentos UML	0 dias	0 h	100%	157,33 €	157,33 €	151,33 €	4,7 dias	4 dias	1	<input type="checkbox"/>	1,18	+	0,00 €	1,04	+	6,00 €
23	Esclarecimento de duvidas relativamente aos pontos anteriores	0 dias	0 h	100%	7,33 €	7,33 €	7,33 €	1 dia	1 dia	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	0,00 €	1	<input type="checkbox"/>	0,00 €
24	Desenvolver plano infraestruturas	0 dias	0 h	100%	91,48 €	91,48 €	97,63 €	3,38 dias	10 dias	1	<input type="checkbox"/>	0,34	—	0,00 €	0,94	—	-6,15 €

Aquando da finalização da *Inception* podemos tirar as seguintes conclusões referente ao pacote de trabalho “Preparar Ambiente”:

- O pacote de trabalho tem todas as tarefas que lhe pertencem terminadas. Os valores de SPI normal são todos iguais a 1,00, que nos fariam concluir que as tarefas decorreram conforme os prazos previstos, no entanto se analisarmos a duração real comparada à duração da linha de base, vemos que não foi isso que aconteceu, dando-nos o valor do SPI M indicação dos prazos praticados na realidade. Mais uma vez é possível comprovar que nos casos em que se acaba mais tarde, ou mais cedo, os valores de SPI M resolvem o problema do SPI normal, refletindo o que realmente ocorreu.
- Os valores de CPI refletem os desvios de orçamento relativos às tarefas pertencentes ao pacote de trabalho “Prepara Ambiente”. Maioritariamente os custos foram superiores ao orçamento inicialmente planeada, exceto na tarefa 22, que se gastou ligeiramente menos do que o orçamentado.

Tabela 12 - Aplicação do SPI M quarta semana continuação

	Nome da Tarefa	Duraç Restar	Trabal Restar	% Física Concluída	Valor Planeado - PV (milhões)	Valor Ganho - EV (milhões)	AC (ACWI)	Duraç Real	Duração da Linha Base	SPI	Indicador SPI	SPI Modif	Indicador SPI Modif	CPI	Indicador CPI
1	▲ Inception	0 dias?	0 h	100%	3.577,43 €	3.577,43 €	740,35 €	42 dias	42 dias?	1	□	1	□	0,75	—
2	▲ Gestao de Projecto	0 dias	0 h	100%	113,54 €	113,54 €	220,54 €	42 dias	42 dias	1	□	1	□	0,51	—
3	Distribuição de Tarefas	0 h	0 h	100%	20,00 €	20,00 €	35,00 €	6 h	3 h	1	□	0,5	—	0,57	—
4	Reunies com o Cliente	0 h	0 h	100%	41,50 €	41,50 €	40,00 €	2 h	1,2 h	1	□	0,6	—	1,04	+
5	Monitorizar o Estado do Projecto	0 dias	0 h	100%	15,95 €	15,95 €	65,95 €	8,5 dias	12 dias	1	□	1,41	+	0,24	—
6	Desenvolver avaliações do estado do Projecto	0 dias	0 h	100%	15,95 €	15,95 €	30,25 €	10,5 dias	14,5 dias	1	□	1,38	+	0,53	—
7	Gerir problemas e excepções	0 dias	0 h	100%	16,47 €	16,47 €	27,67 €	7,5 dias	12,5 dias	1	□	1,67	+	0,6	—
8	Revisao Final	0 dias	0 h	100%	3,67 €	3,67 €	21,67 €	1 dia	1 dia	1	□	1	□	0,17	—
9	▷ Gestao de Qualidade	0 dias	0 h	100%	450,24 €	450,24 €	521,34 €	26 dias	38 dias	1	□	1,46	+	0,86	—
13	▷ Gestao Inception	0 dias	0 h	100%	118,66 €	118,66 €	310,16 €	29 dias	29 dias	1	□	1	□	0,38	—
18	▷ Preparar Ambiente	0 dias?	0 h	100%	762,14 €	762,14 €	879,29 €	30 dias	42 dias?	1	□	1,4	+	0,87	—
25	▷ Produzir visao inicial de negocio	0 dias	0 h	100%	798,13 €	798,13 €	780,18 €	30 dias	27 dias	1	□	0,9	—	1,02	+
33	▷ Desenvolver Modelo de Dominio	0 dias	0 h	100%	175,72 €	175,72 €	235,46 €	8 dias	11 dias	1	□	1,37	+	0,75	—
39	▷ Desenvolver Modelo de Casos de Uso de Negocio	0 dias	0 h	100%	219,85 €	219,85 €	517,94 €	9,1 dias	8,1 dias	1	□	0,89	—	0,42	—
48	▷ Estudar Arquitetura do Sistema	0 dias	0 h	100%	88,00 €	88,00 €	138,64 €	30 dias	41,33 dias	1	□	1,38	+	0,63	—
57	▷ Juntar Arquitetura do Sistema	0 dias	0 h	100%	753,83 €	753,83 €	1.020,23 €	20 dias	31,48 dias	1	□	1,57	+	0,74	—
64	▷ Definir Plano de Avaliações	0 dias	0 h	100%	19,64 €	19,64 €	33,60 €	26 dias	38 dias	1	□	1,46	+	0,58	—
68	▷ Planear Iteração	0 dias?	0 h	100%	77,68 €	77,68 €	82,97 €	22 dias	21,5 dias?	1	□	0,98	—	0,94	—

Na tabela acima estão representados todos os pacotes de trabalho referentes à *Inception* e podemos tirar as seguintes conclusões:

- No fim do projeto todos pacotes de trabalho foram executados segundo o planeado, feita a análise ao SPI normal. Se nos debruçarmos sobre o SPI M os resultados são outros e referentes ao que realmente aconteceu no decorrer desta fase do projeto.
- Os pacotes de trabalho 9, 18, 33, 40, 57 e 64 refletem um cumprimento dos prazos acima do planeado, confirmado por comparação da duração planeada com a duração real, resolvendo o problema do SPI normal quando se acaba mais cedo.
- Os pacotes de trabalho 25, 39 e 68, traduzem-se em valores de SPI M < 1,00, uma vez que a sua execução resultou num desempenho de tempo inferior ao planeado pela duração real superior à duração planeada da linha de base. Este facto pode ajudar na tomada de melhores decisões e na prevenção de problemas futuros no projeto.

Na figura que se segue são mostrados os desvios de custos que decorreram da execução da *Inception*, que resultaram num valor de 1 162,91€ a mais face ao orçamento planeado para esta fase.

ESTADO DE CUSTOS

Estado de custos de tarefas de nível de topo.

Nome	Custo Real	Custo Restante	Custo do Plano Base	Custo	Desvio de Custos
Inception	4.740,35 €	0,00 €	3.577,43 €	4.740,35 €	1.162,91 €

Figura 20 - Estado de Custos quarta semana de análise

O plano base estava orçamentado num valor igual a 3 557,43€, sendo que incrementando o valor do desvio de custos culminou num custo total de 4 740,35€.

Nesta primeira fase da aplicação do método, verificaram-se grandes desvios de prazos, bem como de orçamento. Estes grandes desvios podem-se relacionar com a falta de experiência da equipa em planeamento de projetos maiores e também pela falta de um conhecimento e experiência em boas práticas de gestão de projetos. As boas práticas de gestão de projetos quando postas em prática, resultam numa implementação do EVM mais fácil e com resultados fidedignos para a avaliação do desempenho do projeto e como orientação do seu progresso futuro.

Sendo esta apenas a primeira fase e existindo mais duas, estes dados serviriam para repensar os planeamentos futuros tanto em termos de prazos, como em termos de custos, caso estes fossem realmente aplicados.

5.8. Manter a *Performance Measurement Baseline* (PMB)

Seja qual for o projeto, dificilmente o planeado será mantido até ao fim e podem surgir tarefas que fazem sentido incluir, assim como podem existir tarefas planeadas que não fazem sentido serem executadas resultando em alterações à PMB.

No PMI (2008) e uma vez seguido um referencial com base no *Practice Standard for Earned Value Management 2nd Edition*, a solução passa por criar um sistema integrado de controlo de mudanças, processo onde será feita a avaliação de mudanças no projeto. As alterações têm que ser autorizadas, implementadas e comunicadas atempadamente.

De forma a analisar o impacto do âmbito, prazos, custos e outras alterações no projeto, ou na PMB, utiliza-se frequentemente um quadro de controlo de mudanças. O quadro de controlo de

mudanças é formado por um conjunto de pessoas responsáveis a avaliar se as alterações propostas devem ou não ser implementadas. As alterações relativas ao âmbito do projeto ou produto, terão impacto nos recursos, prazos e custos de um projeto. É assim necessário que no processo de controlo de mudanças se considere a análise que implica uma alteração do âmbito. As alterações que não tenham impacto no âmbito, como por exemplo mudanças nos prazos ou custos, terão impacto na PMB e o processo de controlo de mudanças necessita garantir que a integridade da base de referência não é comprometida por estas alterações.

5.8.1. Alterações ao âmbito

As alterações de âmbito têm que ser analisadas, o âmbito definido e o impacto resultante nas contas de controlo, incluindo a criação de contas de controlo ou a remoção de algumas existentes. Quando se adiciona o novo âmbito ao projeto, a PMB terá que mudar ao nível da WBS onde ocorrer a alteração de âmbito.

No caso de se adicionar trabalho a uma conta de controlo, este deverá ser incluído num novo pacote de trabalho ou mais. Se for um pacote de trabalho que já exista e necessite ser alterado, deverá ser primeiramente fechado e com o orçamento restante, mais o novo orçamento criar um novo pacote de trabalho. Quando a conta de controlo é fechada o EV deverá ser igual ao orçamento atual, o SV será eliminado, enquanto o CV se mantém com o valor que tem na data em que a referida conta de controlo é encerrada. Os custos atuais não deverão ser alterados para uma conta de controlo que foi iniciada e posteriormente encerrada, dadas as alterações no âmbito. Ao proceder desta forma são mantidos os CV históricos contribuindo para resultados de CV gerais do projeto.

5.8.2. Redefinição de Custos e Prazos de Referência

A redefinição leva a um realinhamento com a PMB e o resultado pretendido é o de aumentar a correlação do trabalho planeado com a base de referência do âmbito, orçamento e prazos.

A redefinição poderá assumir uma das seguintes formas

1. Replanear um alinhamento dos prazos restantes e/ou alinhamento do orçamento restante para atingir a meta inicial.
2. Reprogramar o esforço para renovar a PMB resultando numa base de referência acima da meta, que contém orçamento adicional ao orçamento inicial, ou em prazos acima

da meta, que acontece quando o trabalho planejado e os orçamentos relacionados são faseados no tempo para além da data de conclusão inicial.

As mudanças à PMB irão causar alterações a contas de controlo não abertas. O objetivo é o de manter a integridade da linha de base de medição de desempenho (PMB) para que as medições tenham significado.

Não se procedeu à experimentação de introduzir e remover tarefas, por várias razões, primeiro porque não se verificaram acontecimentos dessa natureza, pelo menos na fase testada do projeto, e apesar de se poder de forma fictícia testar essas ocorrências, implicaria também uma estrutura bem definida dos orçamentos contendo por exemplo orçamento não distribuído. Como o projeto inicialmente só tinha horas de trabalho e não custos, estes últimos atribuídos de forma fictícia, no contexto de investigação e tempo disponível não foi possível desenvolver essas componentes importantes que nos facultaria maior conhecimento relativo à análise da implementação do método EVM.

6. Conclusões e Investigação Futura

Neste último capítulo são retiradas as conclusões da realização da dissertação em termos teóricos e práticos e são ainda apresentadas propostas para investigação futura.

6.1. Conclusões

Os projetos de *software* contêm componentes que necessitam ser cuidadosamente analisados, e têm que ser tomadas medidas preventivas para um uso do método EVM efetivo. O método EVM se for utilizado, descurando as particularidades deste tipo de projetos, poderá conduzir a resultados erróneos ou pode mesmo não resultar a aplicação do método. Existem variados desafios que este tipo de projetos enfrentam na entrega de *software* de qualidade no tempo e orçamento previstos, sendo a maioria relacionados com a grande incerteza no planeamento, na conceção da solução e nos fatores de qualidade. O método EVM poderá oferecer grande valor, se a natureza desta incerteza for quantificada através da utilização de técnicas apropriadas.

Com a exposição do problema, descrito pelo autor Alexandre Rodrigues, vemos ainda que os valores de SPI apresentados no seu formato original do método EVM poderão conduzir a conclusões de desempenho de tempo erradas e assim sendo há a necessidade de recorrer à extensão do método EVM *Earned Schedule* (ES) como uma alternativa. No entanto esta alternativa altera o significado do trabalho. Outra alternativa que mostra resolver o problema dos resultados apresentados pelo SPI normal é o SPI modificado, sendo que será este o SPI utilizado na implementação do método e para assim testar os indicadores de desempenho de tempo e aferir se correspondem com a realidade de desenvolvimento do projeto em questão. A diferença do SPI Modificado e como comprovado, é que nos casos em que se acaba mais tarde ou mais cedo do que o planeado, este acontecimento resulta num valor ilustrativo dessa realidade, enquanto que o SPI Normal resulta sempre num valor igual 1,00 quando a tarefa termina.

A escolha de uma implementação mais próxima do EVM tradicional foi feita para testar se num contexto de TI, seria possível obter resultados rigorosos, que refletissem a realidade e assim possibilitassem a sua utilização na obtenção de resultados fidedignos para auxiliar a gestão de projeto com base em custos, prazos e âmbito do projeto na tomada de ações de correção e mitigação de desvios.

O objetivo principal desta implementação esteve assente em dois pontos, o primeiro relativo a projetos de TI e o segundo relativo a problemas, especificamente os resultados do SPI. A inserção do SPI Modificado permitiu analisar os seus resultados distintos do SPI, aferindo a sua correspondência ao que aconteceu no desenvolvimento do projeto real, refletindo estes os atrasos ou adiantos que se foram verificando durante a elaboração da *Inception*.

O método EVM acaba por, no decorrer do levantamento bibliográfico, passar a impressão de que apesar de ter tudo para auxiliar e facultar informação valiosa para o acompanhamento e tomada de decisão à gestão de projeto, acaba por normalmente ser posto de parte e pouco utilizado. É certo que esta técnica aparenta ser relativamente simples aquando o levantamento de informação teórica, no entanto, quando passámos para a aplicação prática a realidade é outra, mostrando ser mais complexa. Como em tantas outras áreas, o EVM requer um processo contínuo de aprendizagem, experimentação e prática para que se entenda e se crie conhecimento de como realmente o método funciona em termos práticos com o recurso a uma ou mais ferramentas, simples, combinadas ou integradas. Neste caso a ferramenta para testar os valores de SPI Modificado em comparação com o SPI normal foi o *Microsoft Project*, que apesar de não ter sido utilizado pela primeira vez, as utilizações anteriores destinaram-se apenas ao planeamento de pequenos projetos.

Garantir o sucesso da implementação do método, obtendo resultados reais do desempenho do projeto em termos de custos, prazos e âmbito, possibilitando a antevisão de tendências é o resultado que se deseja. Se utilizado no decorrer de um projeto em tempo real, fornece informação valiosa no entendimento de onde ocorrem os desvios de custos e prazos, podendo em tempo real tomar decisões em conformidade com os resultados obtidos

A falta de um conhecimento e experiência vastos na área de gestão de projetos poderá dar origem a planeamentos fantasiosos, pelo que poderá implicar demasiados desafios na utilização do método EVM, principalmente na redefinição dos orçamentos, prazos e na manutenção da PMB. Ao ter pouca experiência em gestão de projeto e sendo o EVM utilizado pela primeira vez, pode-se revelar uma tarefa complexa. A aprendizagem contínua na área de gestão de projetos permite desenhar planeamentos mais próximos da realidade pela experiência e conhecimentos que vão sendo apreendidos progredindo assim na implementação e obtenção de resultados.

Algumas dificuldades na execução estiveram relacionadas com a necessidade de aprendizagem de variados conceitos, aliados com uma gestão de projetos que não foi acompanhada em tempo real e que não seguiu as boas práticas de gestão de projeto. Ao seguir as boas práticas de gestão, muitos dos dados necessários à implementação do EVM são desde cedo recolhidos.

6.2. Investigação Futura

Depois do desenvolvimento deste trabalho de dissertação, fica a ideia de que este método não é suficientemente utilizado, apesar da sua existência ser superior a quatro décadas.

Seria muito interessante como desenvolvimento futuro poder implementar o EVM numa empresa e conduzir o desenvolvimento de um projeto de início a fim com a finalidade de ter todos os dados necessários à preparação da informação para utilização no EVM com sucesso. A importância de seguir o planeamento e idealização do projeto desde o início está na definição de diferentes métodos de EV, consoante o trabalho a realizar e de que forma pode ser medido, se é tangível ou não, e qual a duração associada. Para além dos diferentes métodos de medição a seleccionar, há também outras considerações relacionadas com diferentes orçamentos, onde para além do orçamento base, há a definição de outros orçamentos, como por exemplo o orçamento não distribuído.

Para aplicação futura será interessante também testar na prática a inserção e remoção de tarefas de forma a perceber como lidar com estes acontecimentos e como manter na prática a integridade da PMB.

Neste estudo o foco esteve em projetos de TI e nos valores de SPI e como continuação o ideal seria fazer uma implementação completa com as respetivas variações e previsões. Para além disto parece-me de extrema importância haver mais estudos e demonstrações referentes ao SPI modificado de forma a ganhar um maior conhecimento do seu funcionamento e para aperfeiçoar possíveis erros.

Referências

- Alleman, G. B., Henderson, M., & Seggelke, R. (2003). *Making Agile Development Conference Work in a Government Contracting Environment – Using Earned Value to Measure Velocity, Agile Development* ., Salt Lake City, Utah.
- Archibald, R. D., & L. Villoria, R. (1967). *Network-Based Management Systems (PERT/CPM)*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Cockburn, A. (2004). *Crystal Clear: A Human-Powered Methodology for Small Teams*. Pearson Education Inc.: Upper Saddle River, NJ, USA.
- DAInnovation. (2016). *Development of Software Solutions*. Relatório de Projeto , Universidade do Minho, Desenvolvimento de Sistemas de Informação , Guimarães . Retrieved Outubro 2, 2016
- DoN. (1958). *Project PERT*. Washington, DC: Special Projects Office.
- Driessnack, H., & Spangnid, L. G. (1990). *How It Started. PMA Newsletter* . Washington DC: Performance Management Association .
- Efe, P., & Demirors, O. (2013). Applying EVM in a Software Company: Benefits and Difficulties. *2013 39th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications*. ResearchGate.
- EVMI. (2016, Setembro). *Earned Value Management Institute*. Retrieved from <http://www.evmi.com/evm-what-is-ansi-eia-748-b-evm-earned-value-management-systems-evms-industry-standards>
- Ferle, M. (2006). Implementing Earned Value Management on IT Projects. *19th International Cost Engineering Congress*. Ljubljana, Slovenia.
- Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. (2010). *Earned Value Project Management—4th Edition*. Newtown Square, Pennsylvania.

- Hanna, R. A. (2009). Earned Value Management Software Projects. *Third IEEE International Conference on Space Mission Challenges for Information Technology*. IEEE Computer Society.
- Lett, S. H. (1998). An Earned Value Tracking System for Self-Directed Software Teams. *Proceedings of European SEPG 98*.
- Lipke, W. (2003). Shedule is Different. *The Measurable News*, 10-15. Retrieved from <http://earnedschedule.com/Docs/Schedule%20is%20Different.pdf>.
- Lipke, W. (2013). Is Something Missing From Project Management? *CrossTalk*, pp. 16-20.
- Moski Jr, B. A. (1951). *Cost control fundamentals*. New York: McGrawhill Publishing Company.
- NDIA, N. D. (2014, Janeiro). Earned Value Management Systems EIA-748-C Intent Guide. Arlington, VA. Retrieved from [http://www.ndia.org/Divisions/Divisions/IPMD/Documents/ComplementsANSI/NDIA_IPMD_Intent_Guide_Ver_C_April292014\(a\).pdf](http://www.ndia.org/Divisions/Divisions/IPMD/Documents/ComplementsANSI/NDIA_IPMD_Intent_Guide_Ver_C_April292014(a).pdf)
- Nicholas, J. (1990). *Managing Business and Engineering Projects: Concepts and Implementation*. Prentice-Hall.
- Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2008). *A Design Science Research Methodology for Information Systems*. Retrieved from <http://sites.cgu.edu/chatterjees/files/2013/07/jmis-article.pdf>
- Pinnacle. (2016). *Pinnacle Enterprise Management Specialists*. Retrieved from [www.pinnaclemanagement.com: http://www.pinnaclemanagement.com/selected-earned-value-management-evms-tools/326](http://www.pinnaclemanagement.com/selected-earned-value-management-evms-tools/326)
- Plekhanova, V. (1998). On Project Management Scheduling where Human Resource is a Critical Variable. *Proceedings of the 6th European Workshop on Software Process Technology (EWSPT-6)*.
- PMI. (2008). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. 4th ed. Newtown Square, PA, USA: Project Management Institute (PMI).

PMI. (2011). *Practice Standard for Earned Value Management 2nd Edition*. Newtowne.

PMI. (2016). *What is Project Management?* Retrieved from Web site de PMI:
<https://www.pmi.org/about/learn-about-pmi/what-is-project-management>

Project. (2016). *Percentagem (%) Física Concluída* . Retrieved from Website of Office Microsoft:
<https://support.office.com/pt-pt/article/Percentagem-F%25C3%25ADsica-Conclu%25C3%25ADda-campo-de-tarefa-4866cb37-f404-42e2-9241-6b144330c806?ui=pt-PT&rs=pt-PT&ad=PT&fromAR=1>

Rodrigues, A. (2001). Managing and Modelling Project Risk Dynamics A System Dynamics-based Framework . *4th European PMI Conference*. London .

Rodrigues, A. (2010). *Effective measurement of time performance using earned value management–A proposed modified version for SPI tested across various industries and project types*. PM World Today. Retrieved from <http://www.pmforum.org//library/column/2010/PDFs/oct/Column-RODRIGUES.pdf>

Solomon, P. J. (2001). Practical Software Measurement, Performance-Based Earned Value. *CrossTalk*, pp. 25-29.

Solomon, P. J. (2004). Integrating Systems Engineering with Earned Value Management. *Defense AT&L*, pp. 33, 42-46.

Solomon, P. J. (2005). Performance-Based Earned Value. *CrossTalk , The Journal of Defense Software Engineering*, pp. 22-26.

Stratton, R. W. (2006). The Earned Value Management Maturity Model. *Management Concepts Inc*.

Sulaiman, T., Barton, B., & Blackburn, T. (2006). Agile EVM Earned Value Management in Scrum Projects. *Proceedings of AGILE 2006 Conference*. Minneapolis, Minnesota, USA: IEEE Computer Society.

TSI@UMinho. (2016). *TSI@UMinho*. Retrieved from Oferta educativa da UMinho em TSI:

<http://tsiuminho.dsi.uminho.pt/tsi>

Vanhoucke, M. (2014). *Integrated Project Management and Control*. Springer. doi:10.1007/978-3-319-

04331-9

